

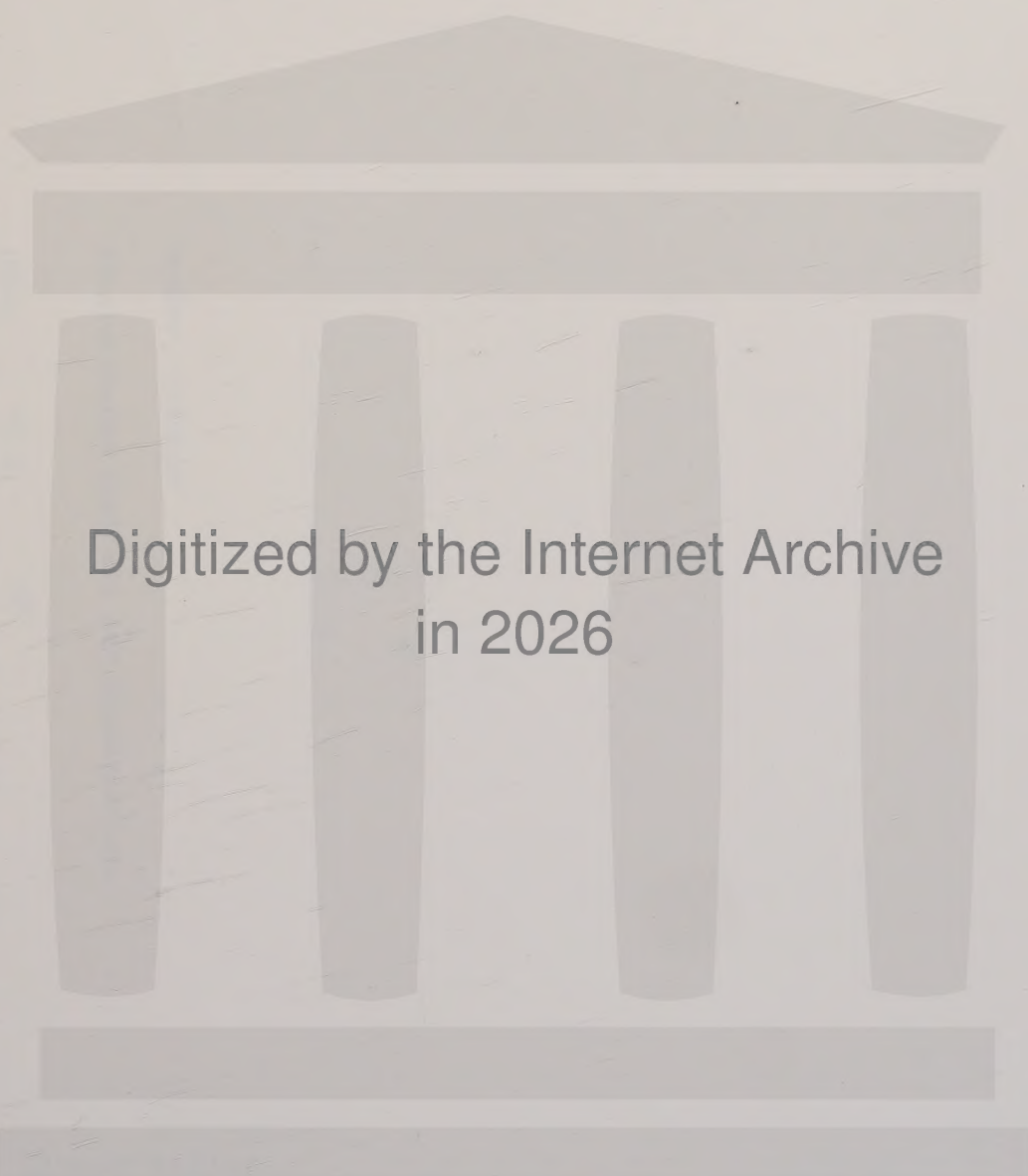
Aus der Orthopädischen Klinik
der Universität Düsseldorf

Direktor: Prof. Dr. K.-P. Schulitz

Vergleichende Anatomie
der Bandscheiben

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin.
Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf
vorgelegt von
Joachim Demmer
1980

1981



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548812_0081

Aus der Orthopädischen Klinik
der Universität Düsseldorf

Direktor: Prof. Dr. K.-P. Schulitz

Vergleichende Anatomie
der Bandscheiben

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin.
Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf
vorgelegt von
Joachim Demmer
1980



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf
gez.: Prof. Dr. med.
Krüskemper

Referent
gez.: Prof. Dr. med. Krämer

Korreferent
gez.: Prof. Dr. med. Arnold

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
I : Einleitung	3
I1) : Die Anatomie der Bandscheibe	3
I2) : Literaturübersicht	4
I3) : Ziel der Arbeit	5
II : Untersuchungsmaterial und Methoden	6
II1) : Das Untersuchungsmaterial	6
II2) : Die Präparations- und Meßinstrumente	6
II2)a) : Die Präparationsinstrumente	6
II2)b) : Die Meßinstrumente	6
II3) : Die Präparation	7
II4) : Die Meßstrecken und ihre Erhebung	7
II4)a) : Die Bandscheibenrandhöhen am intakten Wirbelkörper-Bandscheibenpräparat	7
II4)b) : Die Wirbelkörperhöhen am intakten Wirbelkörper-Bandscheibenpräparat	8
II4)c) : Die Gesamtausdehnungen der Bandscheiben	8
II4)d) : Die Faserringbreiten	9
II4)e) : Die Ausdehnungen des zentralen, mobilen Bandscheibengewebes	9
III : Beobachtungen und Ergebnisse	16
III1) : Inspektorisch feststellbare Gemeinsamkeiten der untersuchten Bandscheiben	16

	Seite
III2) : Inspektorisch feststellbare Unterschiede der untersuchten Bandscheiben	16
III3) : Vergleich bestimmter Abmessungen an Tier- und Menschenbandscheiben	16
III3)a) : Vergleich der Bandscheibenrandhöhenwerte am vorderen und hinteren Längsband	16
III3)b) : Vergleich der Längs- und Querausdehnungen der Bandscheiben	24
III3)c) : Vergleich von Längs- und Querausdehnungen des zentralen, mobilen Bandscheibengewebes	31
III3)d) : Vergleich der Faserringbreiten am vorderen und hinteren Längsband	39
III3)e) : Vergleich der Bandscheibenrandhöhen mit zugehörigen Wirbelkörperperrandhöhen am vorderen Längsband	47
III3)f) : Vergleich der Faserringanteile mit der Gesamtausdehnung der Bandscheibe, mediansagittal	54
III3)g) : Vergleich der Faserringanteile in Querrichtung der Bandscheiben	61
IV : Diskussion	68
V : Zusammenfassung	70
VI : Literaturverzeichnis	71

I : Einleitung

I1) : Die Anatomie der Bandscheibe

Der zentrale Bestandteil des Bewegungssegmentes nach Schmorl und Junghanns (1968) ist die Bandscheibe, auch Zwischenwirbelscheibe (Discus intervertebralis) oder Zwischenwirbelabschnitt genannt.

Die Zwischenwirbelscheiben verbinden aufeinanderfolgende Wirbelkörper miteinander und sind wesentlich für die Beweglichkeit der Wirbelsäule verantwortlich, machen sie doch beim Menschen insgesamt ca. fünfundzwanzig Prozent der Wirbelsäulenhöhe aus. Menschliche Bandscheiben nehmen von kranial nach kaudal an Höhe zu. Sie setzen sich aus drei verschiedenen makroskopisch unterscheidbaren Bestandteilen zusammen:

die hyalinen Knorpelplatten gehören entwicklungsgeschichtlich zum Wirbelkörper. Sie liegen der Wirbelkörperschlußplatte direkt auf und enden nach Abschluß des Wachstums rundum am inneren Rand der knöchernen Wirbelkörperrandleiste. Zu jedem Zwischenwirbelabschnitt gehören je eine obere und eine untere Knorpelplatte.

Der Bandscheibenring, auch Anulus fibrosus oder Faserring, bildet die Begrenzung der Zwischenwirbelscheibe nach außen. Er imponiert auf einem Querschnitt als kontinuierliches Ringsystem aus sich miteinander verflechtenden Fasern, die in Schraubenwindungen von Wirbelkörper zu Wirbelkörper ziehen. Am Faserring-Wirbelkörper-Übergang strahlen Sharpey'sche Fasern vom Anulus fibrosus in die knöcherne Randleiste ein und befestigen so die Bandscheibe an den angrenzenden Wirbelkörpern.

Der Gallertkern bzw. das zentrale mobile Bandscheibengewebe (Krämer 1978) füllt den vom Faserring freigelassenen Hohlraum aus. Er liegt in Mittelstellung nicht genau zentral, sondern nach dorsal verlagert. Seine Konsistenz ist gallertig, schleimig. Schneidet man eine Zwischenwirbelscheibe eines jungen Erwachsenen auf, so quillt das Gewebe der

Gallertkernhälften sofort unter Abrundung über die Niveaus beider Schnittflächen.

I2) : Literaturübersicht

Wir wollen im folgenden eine Literaturübersicht über Arbeiten geben, die sich über die qualitativ deskriptive Erfassung hinaus mit der Vermessung von Zwischenwirbelscheiben und deren Bestandteilen beschäftigen:

Taylor (1970) und Brandner (1970) bestimmten den Quotienten aus Bandscheiben- und Wirbelkörperhöhe bei Feten, Säuglingen und Kindern als Maß für das Bandscheibenwachstum. Houston und Zaleski (1967) maßen den röntgenographischen Zwischenwirbelraum bei dauernd bettlägerigen und gesunden Kindern, um den Einfluß der aufrechten Haltung auf Wirbelkörper- und Bandscheibenwachstum herauszustellen.

Taylor (1974) bestimmte an Hand von Röntgenbildern die Höhen lumbaler und thorakaler Bandscheiben sowie die Höhen der angrenzenden Wirbelkörper, außerdem die Gesamtdurchmesser der Zwischenwirbelscheiben in der Mediansagittalen und die queren Durchmesser bei Feten und Kindern, die keine Skelettanomalien aufwiesen.

Pope et al. (1973) versuchten mit sechs röntgenologischen Verfahren, die Bandscheibenhöhen zuverlässig zu bestimmen. Doch keines dieser Verfahren erlaubte es, die tatsächlichen Höhen auf den Millimeter genau anzugeben.

Fischer und Schirmer (1973) maßen im Rahmen der Bestimmung des spezifischen Gewichts lumbaler menschlicher Bandscheiben die Volumina derselben.

Die oben aufgeführte Literatur befaßt sich ausschließlich mit menschlichen Bandscheiben. Uns liegt keine Arbeit vor, die quantitative Aussagen über Tierbandscheiben macht. Dagegen war die Histologie einiger Tierarten schon häufiger Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen.

So befaßten sich Ludowieg und Parker (1973) mit fibrösen Strukturen im Nucleus pulposus von Walen. Cornah, Meachim und Parry (1970) verglichen die Zellstruktur der Gallertkerne von Menschen und Kaninchen miteinander. Inoue (1973) schrieb über das dreidimensionale, kollagene Netzwerk in

Zwischenwirbelscheiben von Ratten, Hunden und Menschen. Butler und Fujioka (1971) untersuchten die Feinstruktur des Faserrings bei Hauskatzen.

Hansen (1959) befaßt sich mit der Diskusdegeneration bei verschiedenen Tierarten und unterscheidet Massenprolapse, die bei chondrodystrophoiden Hunderassen auftreten, von solchen Prolapsen, die eine Alterserscheinung bei allen Hunderassen darstellen.

13) : Ziel der Arbeit

Wir wollen in dieser Arbeit versuchen, mittels bestimmter Streckenverhältnisse die Anatomie menschlicher und tierischer Bandscheiben exakter zu beschreiben und zu vergleichen, als dies bisher geschehen ist. In diesen Vergleich sollen nicht nur die lumbalen, sondern auch die zervikalen und thorakalen Zwischenwirbelscheiben einbezogen werden. Wir beschränken uns auf einige Säugetierarten, die jedoch in ihrer Haltung und Fortbewegungsweise charakteristische Unterschiede aufweisen. Da ist zunächst die Gruppe der Vierfüßler, die sich auf vier Extremitäten fortbewegen, zum anderen die Gruppe der Tiere, die ihr Hauptkörpergewicht auf zwei Extremitäten fortbewegt und schließlich die Tiergruppe, die sich hauptsächlich schwebend im Wasser aufhält.

II : Untersuchungsmaterial und Methoden

II1) : Das Untersuchungsmaterial

Aus dem Anatomischen Institut der Universität Düsseldorf stammen fünf formalinisierte Erwachsenenleichen, ein Ameisenbär sowie sechs formalinisierte Affenkadaver: zwei Meerkatzen, ein Rhesus, ein Drill, ein Schimpanse und ein Orang-Utah.

Aus der Zentralen Tierversuchsanlage der Universität Düsseldorf stammen die Kadaver von zwei Kaninchen, zwei Hauskatzen und zwei Göttinger Miniaturschweinen, sogenannten Minipigs.

Zwei deutsche Schäferhunde und ein mischrassiger Haushund stammen aus dem Physiologischen Institut der Universität Düsseldorf.

Ein Känguruh und ein Alpaka stammen aus dem Krefelder Zoo, ein Seebär kommt aus dem Ruhrzoo Gelsenkirchen.

Untersucht wurden die jeweils mittleren oder bei gerader Bandscheibenzahl eines Wirbelsäulenabschnittes die nächst höheren Zervikal-, Thorakal- und Lumbalbandscheiben samt der angrenzenden Wirbelkörper der oben aufgeführten fünf Menschen und der neunzehn ausgewachsenen Tiere, insgesamt also zweiundsiebzig Wirbelkörper-Bandscheibenpräparate.

II2) : Die Präparations- und Meßinstrumente

II2)a) : Die Präparationsinstrumente

Zur Präparation wurden folgende Instrumente benutzt:
zwei Skalpelle mit auswechselbaren Klingen, Klingen verschiedener Form und Größe, vier anatomische Pinzetten, eine kleine und eine große Knochenzange nach Lürer, eine Rippenschere, ein Knochenmeißel mit Hammer, eine Vibrationssäge, eine Präparationsschere

II2)b) : Die Meßinstrumente

Zur Vermessung der Bandscheiben und Wirbelkörper wurden benutzt:

eine Schieblehre der Firma Preisser mit einer Meßgenauigkeit

von 0,05 Millimeter, eine Packung Stecknadeln mit gleichmäßigem Durchmesser von 0,5 Millimeter im Abstand von zwei Millimetern von der Spitze, außerdem eine durchsichtige, 0,1 Millimeter dicke, kreisförmige Kunststoffscheibe mit 45-Grad-Einteilung und sechs Zentimeter Durchmesser

II3) : Die Präparation

Die Wirbelsäulen der Menschen und Tiere wurden im Atlanto-okzipitalgelenk und am lumbosakralen Übergang abgesetzt und in die zervikalen, thorakalen und lumbalen Anteile zerlegt.

Diese Wirbelsäulenabschnitte wurden in der Orthopädischen Klinik der Universität Düsseldorf im anteroposterioren und seitlichen Strahlengang mit rechtsanliegender Kassette geröntgt.

Nach Laminektomie und Entfernung der vorderen und hinteren Längsbänder sowie des Periosts der Wirbelkörper wurde bei ungerader Bandscheibenzahl eines Abschnitts die mittlere, bei gerader Anzahl die nächst höhere Zwischenwirbelscheibe samt der benachbarten, angrenzenden Wirbelkörper sorgfältig dargestellt.

Die Meßwerte wurden nur von den so gekennzeichneten Bandscheiben erhoben.

Dabei betrug die Zeit zwischen der Präparation der Wirbelkörper-Bandscheibenpräparate und der Vermessung höchstens vierundzwanzig Stunden.

Im Anschluß an die Vermessung wurden die Präparate durch Paraffinierung haltbar gemacht.

II4) : Die Meßstrecken und ihre Erhebung

II4)a) : Die Bandscheibenrandhöhen am intakten Wirbelkörper-Bandscheibenpräparat

An dem intakten Wirbelkörper-Bandscheibenpräparat bestimmten wir die Randhöhen am vorderen (s. Abb.1, S.10) und hinteren (s. Abb.2, S.10) Längsband in der Mediansagittalen.

Das Vorgehen bei der Abnahme dieser Maße war gleich:

Die Meßnadeln wurden senkrecht zu Wirbelkörper und Bandschei-

be gehalten und an der Grenze dieser Gebilde solange fortschreitend eingestochen, bis sich die Nadeln leicht etwa drei Millimeter in das Bandscheibengewebe einführen ließen. Die auf diese Weise durch die Nadeln markierten Strecken wurden nahe an den Einstichstellen so zwischen die Backen der Schieblehre geklemmt, daß die Nadeln parallel zueinander standen. Die Angabe der Werte erfolgte in der Einheit Millimeter und bis auf 0.1 Millimeter genau. Durch die Eigenbreite der Meßnadeln waren wir auf Bandscheibenrandhöhen beschränkt, die größer oder gleich einem Millimeter waren.

II4)b) : Die Wirbelkörperhöhen am intakten Wirbelkörper-Bandscheibenpräparat

An den intakten Wirbelkörper-Bandscheibenpräparaten bestimmten wir die Wirbelkörperhöhen der jeweils angrenzenden oberen Wirbelkörper (s. Abb.1 S.10) am vorderen Längsband in der Mediansagittalen.

Die erste Meßnadel wurde wiederum senkrecht zu Wirbelkörper und Bandscheibe an der oberen Wirbelkörper-Bandscheibengrenze eingestochen. Die zweite Nadel wurde am oberen Wirbelkörperperrand zwischen die durch die Stückpräparation verbliebene Bandscheibenhälfte geklemmt. Dabei wurde darauf geachtet, daß die Meßnadeln parallel zueinander standen und daß die Schieblehre möglichst nahe an den Einstichstellen angesetzt wurde. Der so erhaltene Meßwert wurde dann durch Subtraktion von einem Millimeter für die doppelte Meßstabdicke zum wahren Meßwert korrigiert.

II4)c) : Die Gesamtausdehnungen der Bandscheiben

Nach exakter horizontaler Halbierung der Zwischenwirbelscheiben wurden an der unteren Hälfte der Bandscheiben die Strecken vom vorderen zum hinteren Längsband sowie die Strecken, die im rechten Winkel dazu und durch den Mittelpunkt des zentralen mobilen Bandscheibengewebes laufen, bestimmt. (s. Abb.3, S.11)

Das Vorgehen war bei der Ermittlung obiger Meßwerte immer

gleich:

In den Mittelpunkt des zentralen mobilen Bandscheibengewebes wurde der Mittelpunkt der Meßscheibe gelegt, deren eine Linie mit der Mediansagittalen der Bandscheibe übereinstimmte. In die Schnittpunkte der aufgezeichneten Linien mit der äußersten Lamelle des Faserrings wurden die Nadeln lotrecht etwa drei Millimeter eingesteckt. Die Schieblehre wurde direkt über der Meßplatte angesetzt und auf Parallelität der Meßnadeln geachtet.

II4)d) Die Faserringbreiten

Wir bestimmten die Faserringbreiten am vorderen und hinteren Längsband in der Mediansagittalen sowie links und rechts auf der Strecke, die mit der Mediansagittalen einen rechten Winkel einschließt und durch den Mittelpunkt des zentralen mobilen Bandscheibengewebes verläuft. (s. Abb.4, S.11)

Das Meßverfahren war in allen vier Fällen gleich:

Auf die untere Hälfte des Wirbelkörper-Bandscheiben-Präparats wurde die Meßscheibe in beschriebener Weise aufgelegt. In die Schnittpunkte der Meßscheibenlinien mit den jeweils äußersten und innersten Faserringlamellen steckten wir die Nadeln lotrecht ein und griffen die so abgesteckten Strecken nahe der Meßplatte mit der Schieblehre ab, wobei wir darauf achteten, daß die Nadeln parallel zueinander standen.

II4)e) : Die Ausdehnungen des zentralen mobilen Bandscheibengewebes

Wir bestimmten die Ausdehnungen des zentralen mobilen Bandscheibengewebes in der Mediansagittalen und in der Linie, die mit der Mediansagittalen einen rechten Winkel einschließt und durch den Mittelpunkt des zentralen mobilen Bandscheibengewebes läuft. (s. Abb.5, S.12)

Wir durchstachen die durchsichtige Meßscheibe, deren eine Linie wiederum mit der Mediansagittalen der Bandscheibe übereinstimmte, so, daß erstens die Meßnadeln lotrecht zur Bandscheibenoberfläche standen und zweitens die Nadeln gerade noch im zentralen mobilen Bandscheibengewebe steckten. Die Maße wurden plattennah abgenommen, auf Parallelität der Nadeln wurde geachtet.

Abbildung 1: vordere Wirbelkörper- und Bandscheibenrandhöhen am intakten Wirbelkörper-Bandscheibenpräparat

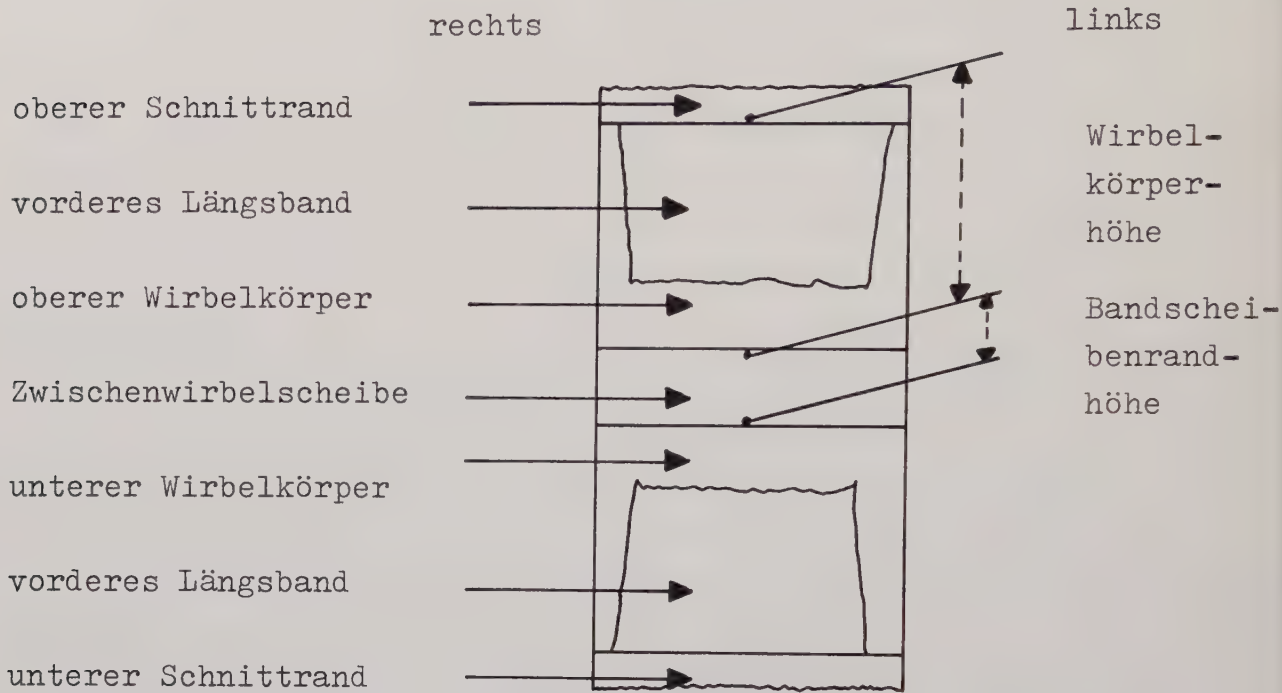


Abbildung 2: hintere Bandscheibenrandhöhe am intakten Wirbelkörper-Bandscheibenpräparat

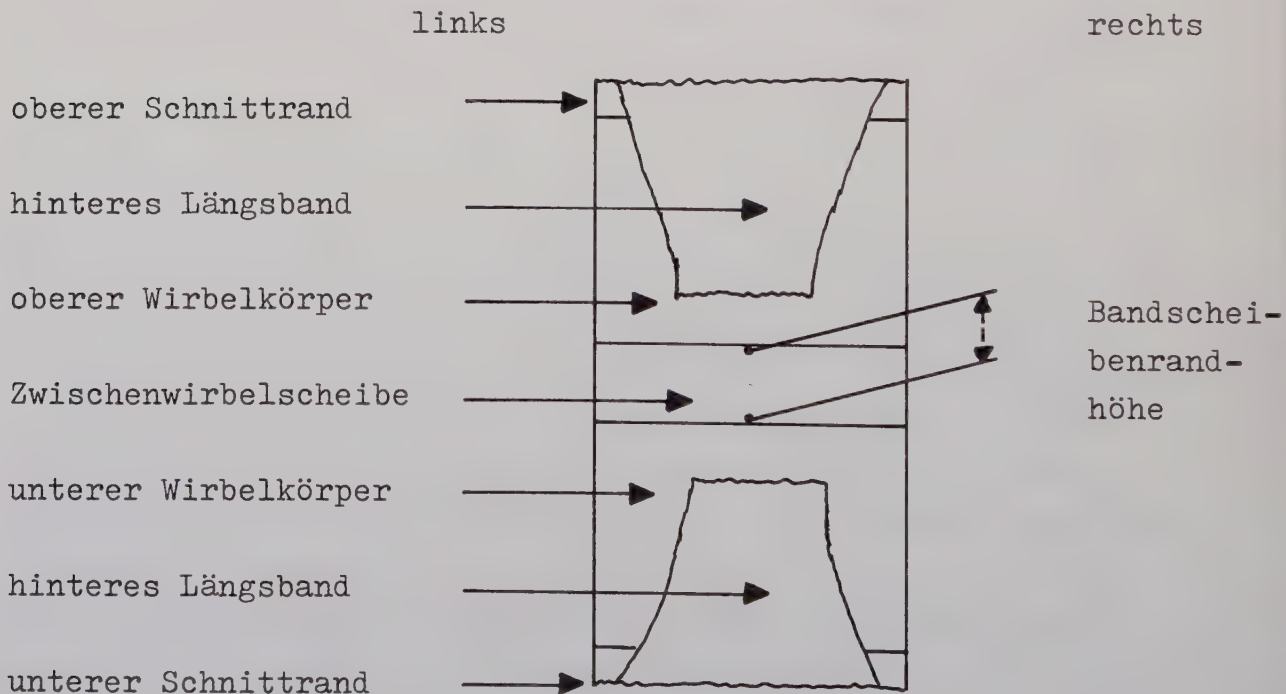


Abbildung 3: Bandscheibenquerschnitt mit aufgelegter Meßscheibe, Markierung der Längs- und Querausdehnungen

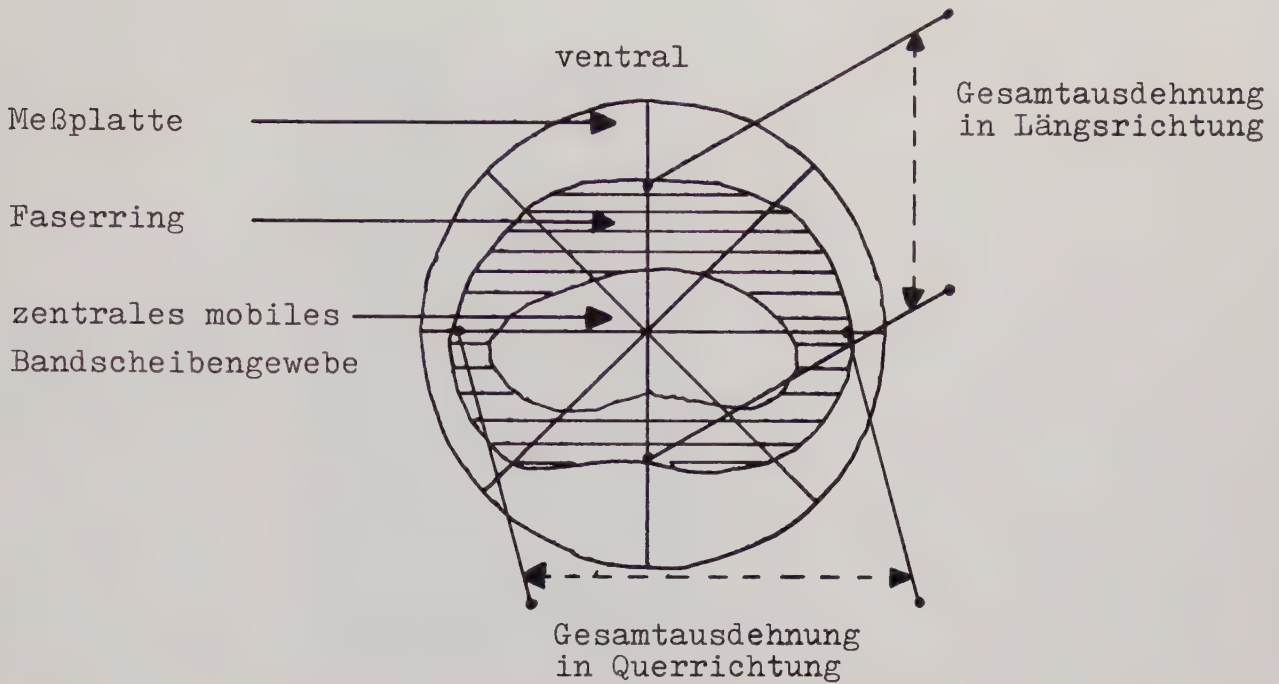


Abbildung 4: Bandscheibenquerschnitt mit aufgelegter Meßscheibe, Markierung der Faserringbreiten

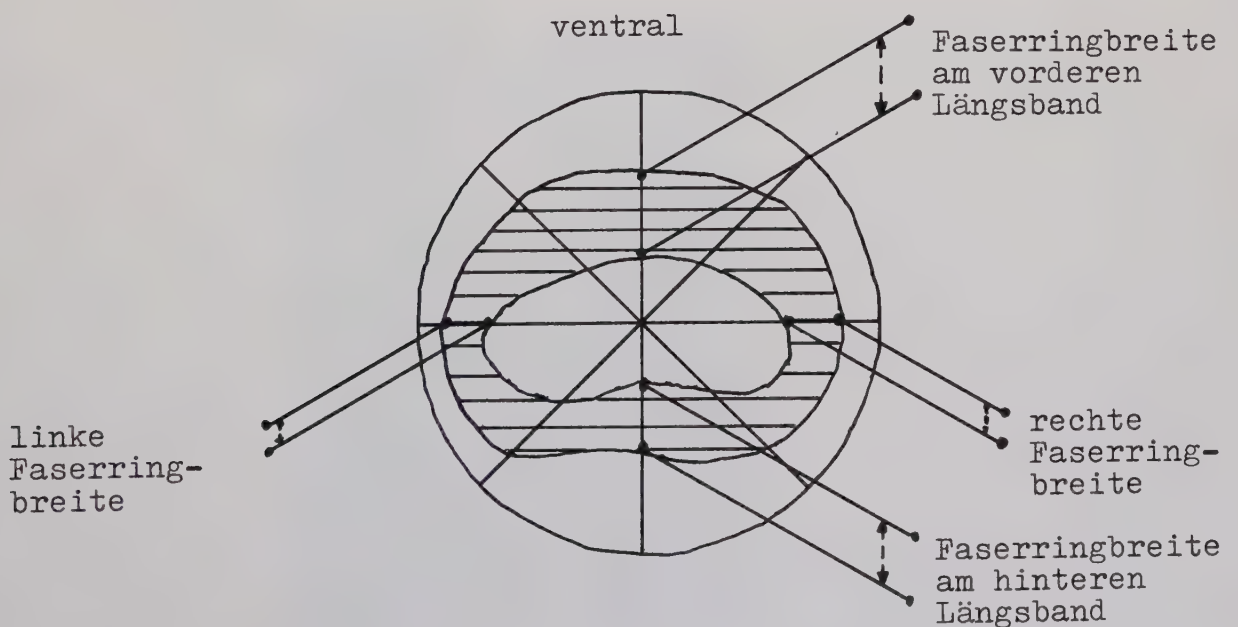


Abbildung 5: Bandscheibenquerschnitt mit aufgelegter Meßscheibe, Markierung der Längs- und Querausdehnungen des zentralen, mobilen Bandscheibengewebes (Bestimmung der Grenze zwischen Faserring und zentalem, mobilem Bandscheibengewebe s. unter II4)e))

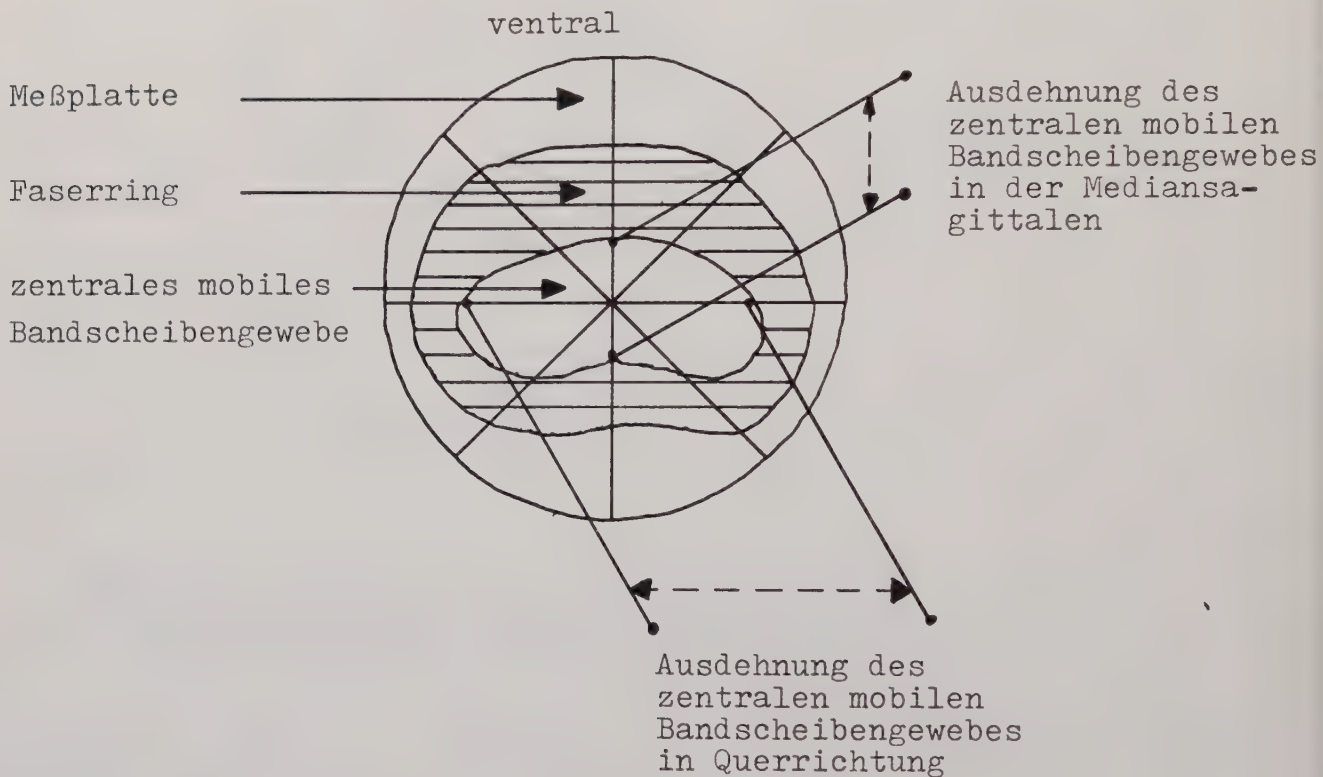


Abbildung 6: a.p.-Aufnahme der mittleren Lendenwirbelsäule einer Hauskatze; punktförmige Markierung der zu vermessenden Bandscheibe und der angrenzenden Wirbelkörper

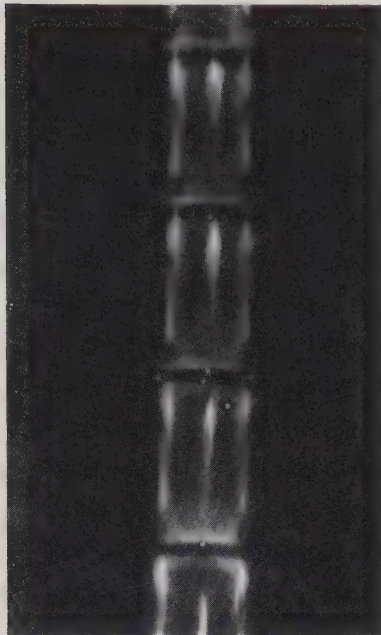


Abbildung 7: a.p.-Aufnahme der mittleren Lendenwirbelsäule eines Känguruhs; Markierungen wie in Abbildung 6

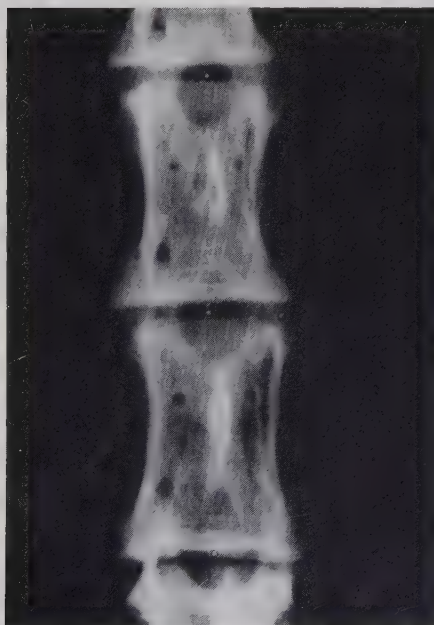


Abbildung 8: seitliche Aufnahme der mittleren Lendenwirbelsäule einer Hauskatze; Markierungen wie in Abbildung 6



Abbildung 9: seitliche Aufnahme der mittleren Lendenwirbelsäule eines Känguruhs; Markierungen wie in Abbildung 6



Abbildung 10: seitliche (links) und a.p.-Aufnahme (rechts) der mittleren Halswirbelsäule einer Hauskatze; Markierungen wie in Abbildung 6

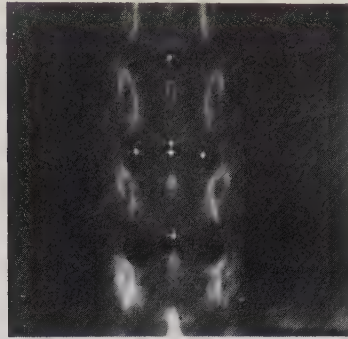


Abbildung 11: seitliche (links) und a.p.-Aufnahme (rechts) der mittleren Halswirbelsäule eines Känguruh; Markierungen wie in Abbildung 6



III : Beobachtungen und Ergebnisse

III1) : Inspektorisch feststellbare Gemeinsamkeiten der untersuchten Bandscheiben

Unabhängig von der Position der Bandscheiben innerhalb der Wirbelsäulen lassen sich bei sämtlichen untersuchten Tieren die unter I1) für den Menschen beschriebenen Bandscheibenbestandteile feststellen:

je eine obere und eine untere Knorpelplatte, ein Faserring und das zentrale, mobile Bandscheibengewebe.

Auch die Einbindung der Bandscheiben durch die vorderen und hinteren Längsbänder ist bei allen von uns untersuchten Tieren vorhanden.

Die Querschnitte der Thorakal-, und Lumbalbandscheiben sind bei Menschen und Tieren annähernd ovalär.

Bandscheibenprotusionen oder Prolapse werden bei den untersuchten Tieren nicht beobachtet.

III2) : Inspektorisch feststellbare Unterschiede der untersuchten Bandscheiben

Die Querschnitte der Affenhalsbandscheiben und der menschlichen Halsbandscheiben sind annähernd rechteckig, während die Querschnitte der Halsbandscheiben der sich vorwiegend auf vier Extremitäten fortbewegenden Tiere oval sind.

Bei Vierfüßlern sind die Flächen der Querschnitte der Halsbandscheiben, bezogen auf die Querschnittsflächen der Lumbalbandscheiben, größer als bei Menschen und Affen.

III3) : Vergleich bestimmter Abmessungen an Tier- und Menschenbandscheiben

III3)a) : Vergleich der Bandscheibenrandhöhenwerte am vorderen und hinteren Längsband

Tabelle 1 : Darstellung der prozentualen Bandscheibenrandhöhenwerte am hinteren Längsband, mediansagittal, bezogen auf die entsprechenden Meßwerte am vorderen Längsband, mediansagittal für die mittleren Zervikal-, Thorakal- und Lumbalbandscheiben

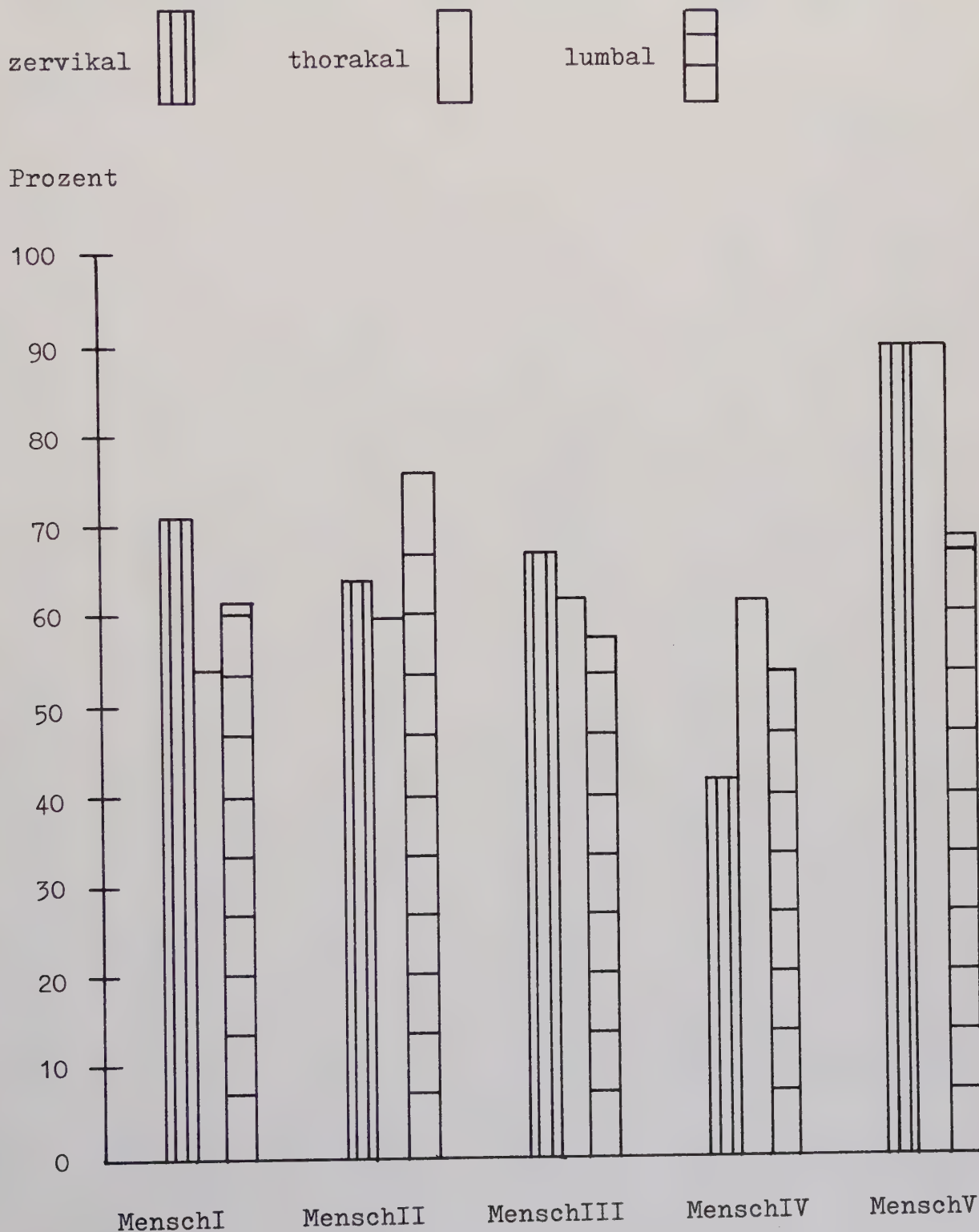


Tabelle 1 Fortsetzung 1

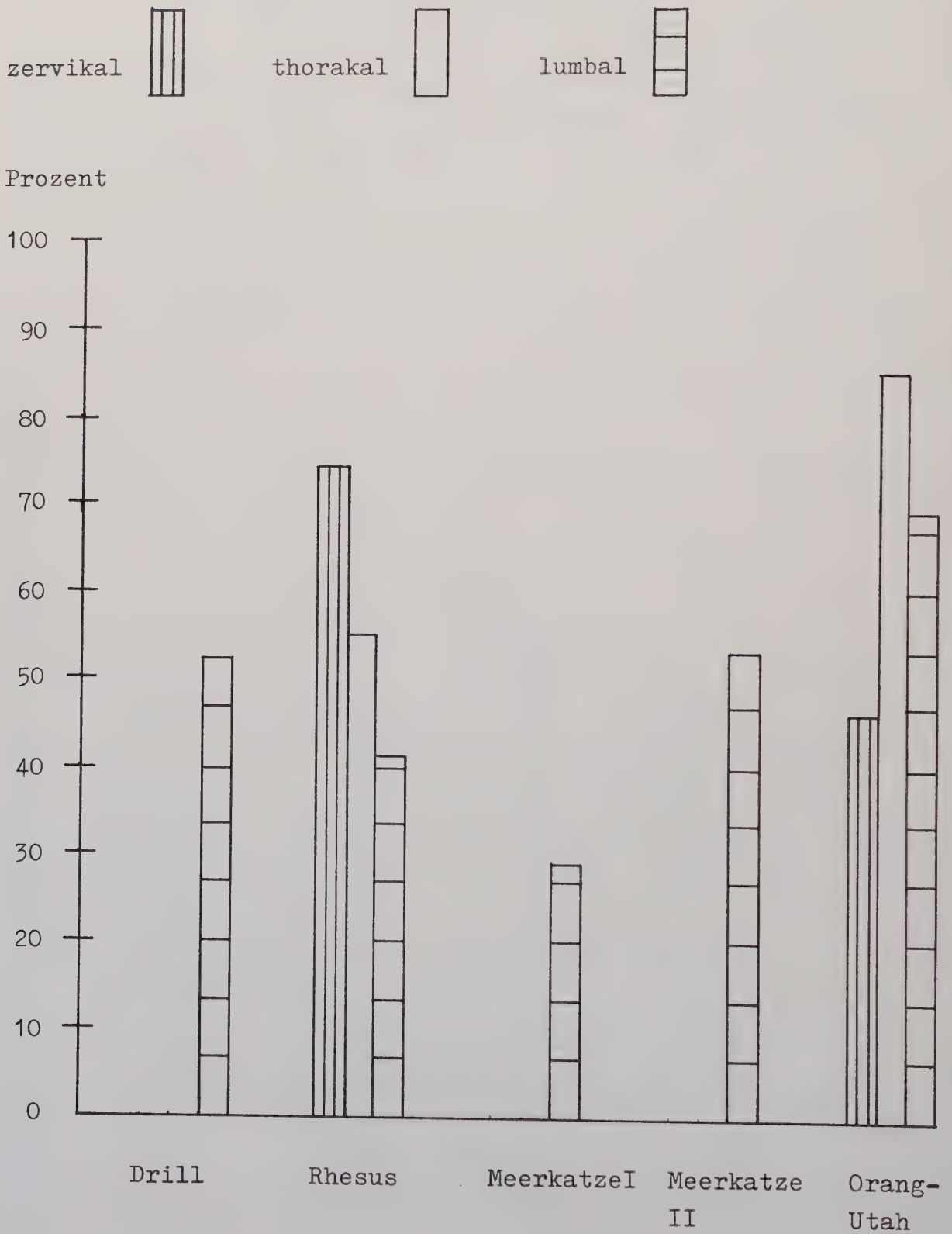


Tabelle 1 Fortsetzung 2

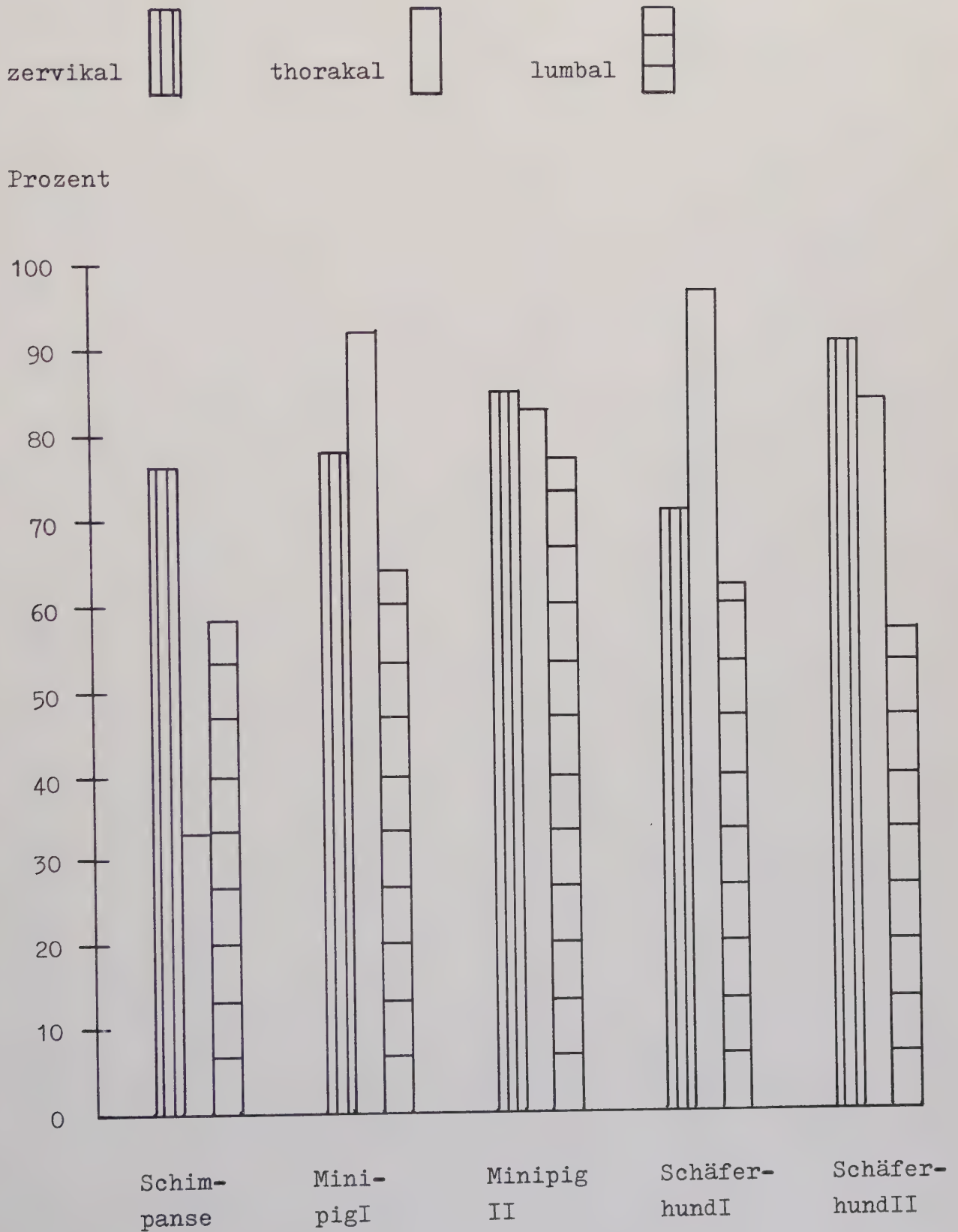


Tabelle 1 Fortsetzung 3

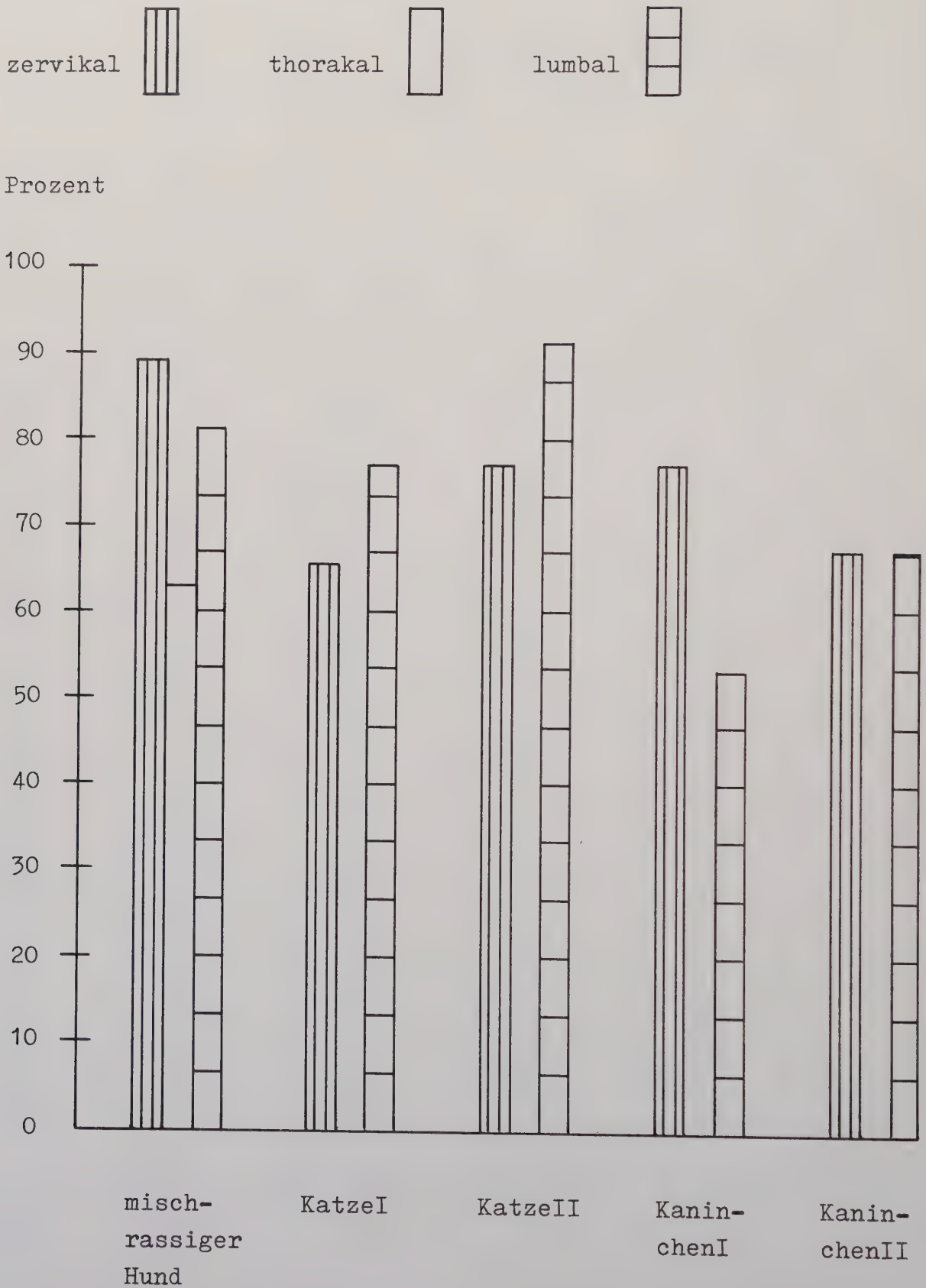
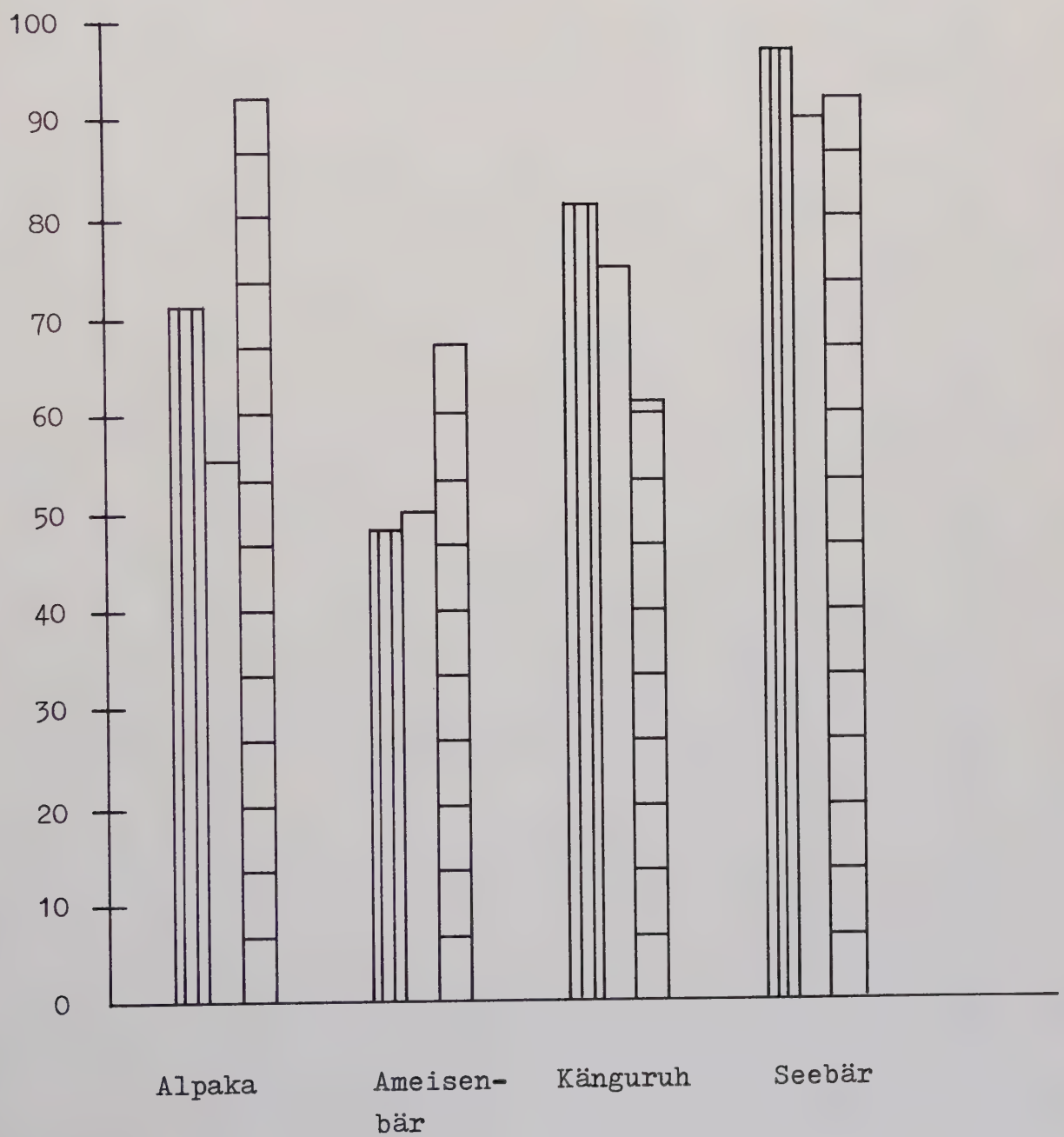


Tabelle 1 Fortsetzung 4

zervikal 
 thorakal 
 lumbal 

Prozent



In der Tabelle 1 werden die jeweils mittleren oder nächst höheren Bandscheiben der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäulen bezüglich ihrer Randhöhen am vorderen und am hinteren Längsband in der Mediansagittalen verglichen.

Die Werte der Bandscheibenrandhöhen am hinteren Längsband sind jeweils in Prozenten der entsprechenden Meßstrecken am vorderen Längsband aufgetragen.

Bei den Meerkatzen und beim Drillaffen ließen sich die Meßstrecken der Hals- und Brustbandscheiben, bei den Katzen und Kaninchen lediglich die Meßstrecken der Brustbandscheiben am hinteren Längsband nicht feststellen. Die Bandscheibenrandhöhen am vorderen Längsband liegen jedoch für diese Tiere vor.

Betrachtet man in der Tabelle 1 zunächst nur die zervikalen Bandscheiben, so lassen sich folgende Ergebnisse formulieren: Alle von uns vermessenen Halsbandscheiben weisen Werte unter hundert Prozent auf, d.h. die Bandscheibenrandhöhen am hinteren Längsband, mediansagittal, sind kleiner als am vorderen Längsband, mediansagittal.

Der Seebär weist mit siebenundneunzig Prozent den größten relativen Randhöhenwert auf, MenschIV mit zweiundvierzig Prozent den kleinsten.

Die Werte der fünf menschlichen Halsbandscheiben liegen zwischen zweiundvierzig und neunzig Prozent.

Die entsprechenden Werte der drei Affenhalsbandscheiben liegen zwischen sechsundvierzig und sechsundsiebzig Prozent.

Die elf Vierfüßler weisen Werte zwischen achtundvierzig Prozent für den Ameisenbär und einundneunzig Prozent für den SchäferhundII auf.

Für die thorakalen Bandscheiben ergibt sich aus Tabelle 1: Auch die vermessenen Thorakalbandscheiben besitzen alle Werte unter hundert Prozent.

Der SchäferhundI hat mit siebenundneunzig Prozent den größten, der Schimpanse mit dreiunddreißig Prozent den kleinsten relativen Randhöhenwert am hinteren Längsband, mediansagittal. Die entsprechenden Werte der fünf menschlichen

Brustbandscheiben liegen zwischen vierundfünfzig und neunzig Prozent.

Bei den drei Affenbrustbandscheiben besitzt die Bandscheibe des Schimpansen mit dreiunddreißig Prozent den kleinsten, die des Orang-Utah mit fünfundachtzig Prozent den größten relativen Randhöhenwert am hinteren Längsband, mediansagittal.

Bei den sieben untersuchten vierfüßigen Tieren weist der Schäferhund I mit siebenundneunzig Prozent den höchsten, der Ameisenbär mit fünfzig Prozent den kleinsten Wert auf.

Für die lumbalen Bandscheiben lassen sich aus der Tabelle 1 folgende Aussagen treffen:

Alle von uns untersuchten lumbalen Bandscheiben weisen relative Bandscheibenrandhöhenwerte am hinteren Längsband, mediansagittal auf, die unter hundert Prozent liegen.

Der Seebär und das Alpaka besitzen mit jeweils zweiundneunzig Prozent den höchsten, die Meerkatze I mit neunundzwanzig Prozent den kleinsten relativen Randhöhenwert am hinteren Längsband, mediansagittal.

Die Werte der fünf menschlichen Lumbalbandscheiben liegen zwischen dreiundfünfzig und sechsundsiebzig Prozent.

Die Werte der Lumbalbandscheiben der sechs Affen liegen zwischen neunundzwanzig Prozent für die Meerkatze I und neunundsechzig Prozent für den Orang-Utah.

Bei den elf Vierfüßlern weist das Alpaka mit zweiundneunzig Prozent den höchsten, das Kaninchen I mit dreiundfünfzig Prozent den kleinsten relativen Bandscheibenrandhöhenwert am hinteren Längsband, mediansagittal, auf.

III3)b) : Vergleich der Längs- und Querausdehnungen der Bandscheiben

Tabelle 2 : Darstellung der prozentualen Werte der Meßstrecke, die vom vorderen bis zum hinteren Längsband in der Mediansagittalen verläuft, bezogen auf die Werte der Meßstrecke, die mit der vorher bezeichneten einen rechten Winkel einschließt und durch den Mittelpunkt des zentralen, mobilen Bandscheibengewebes verläuft, für die mittleren Zervikal-, Thorakal- und Lumbalbandscheiben

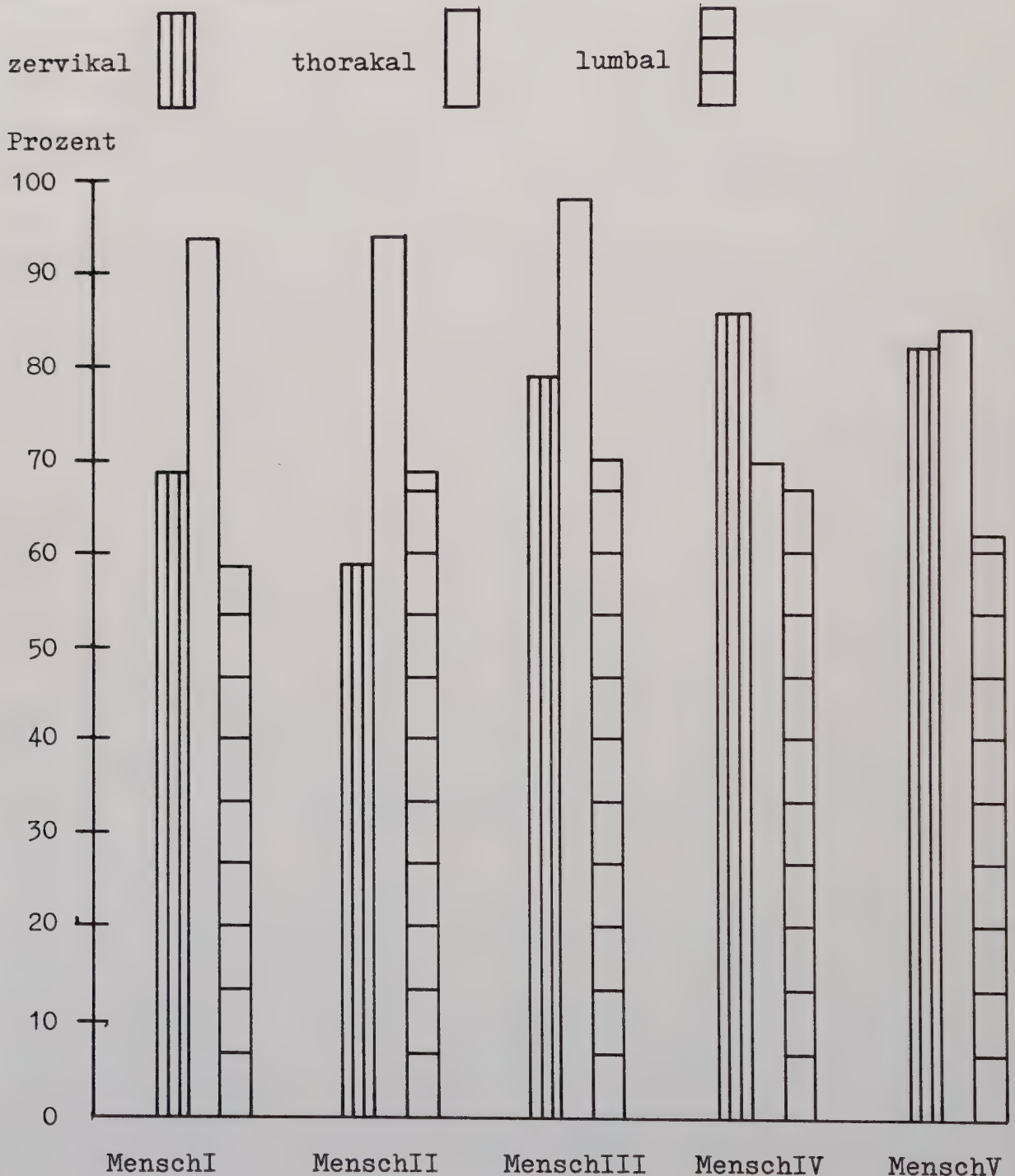


Tabelle 2 Fortsetzung 1

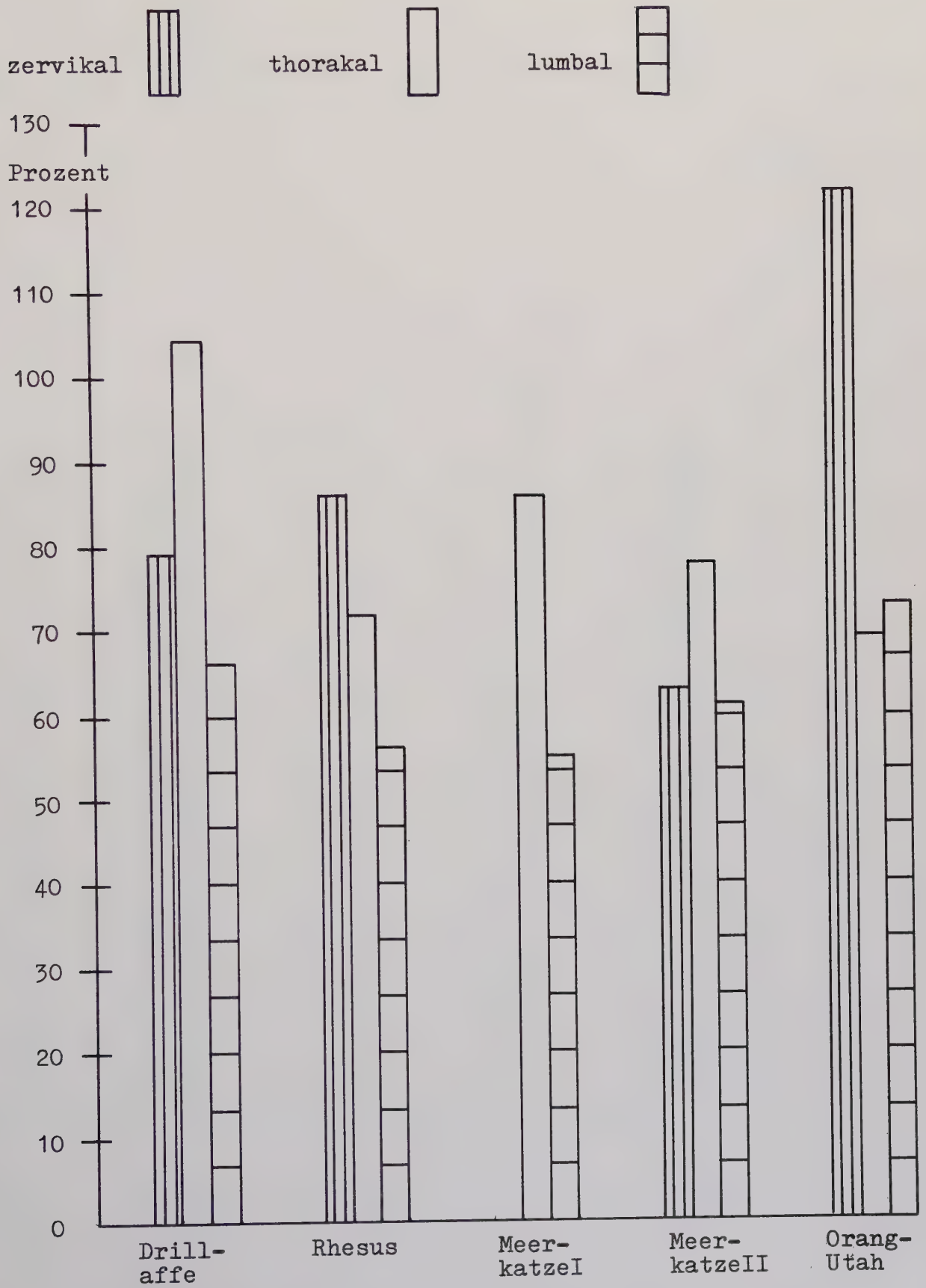


Tabelle 2 Fortsetzung 2

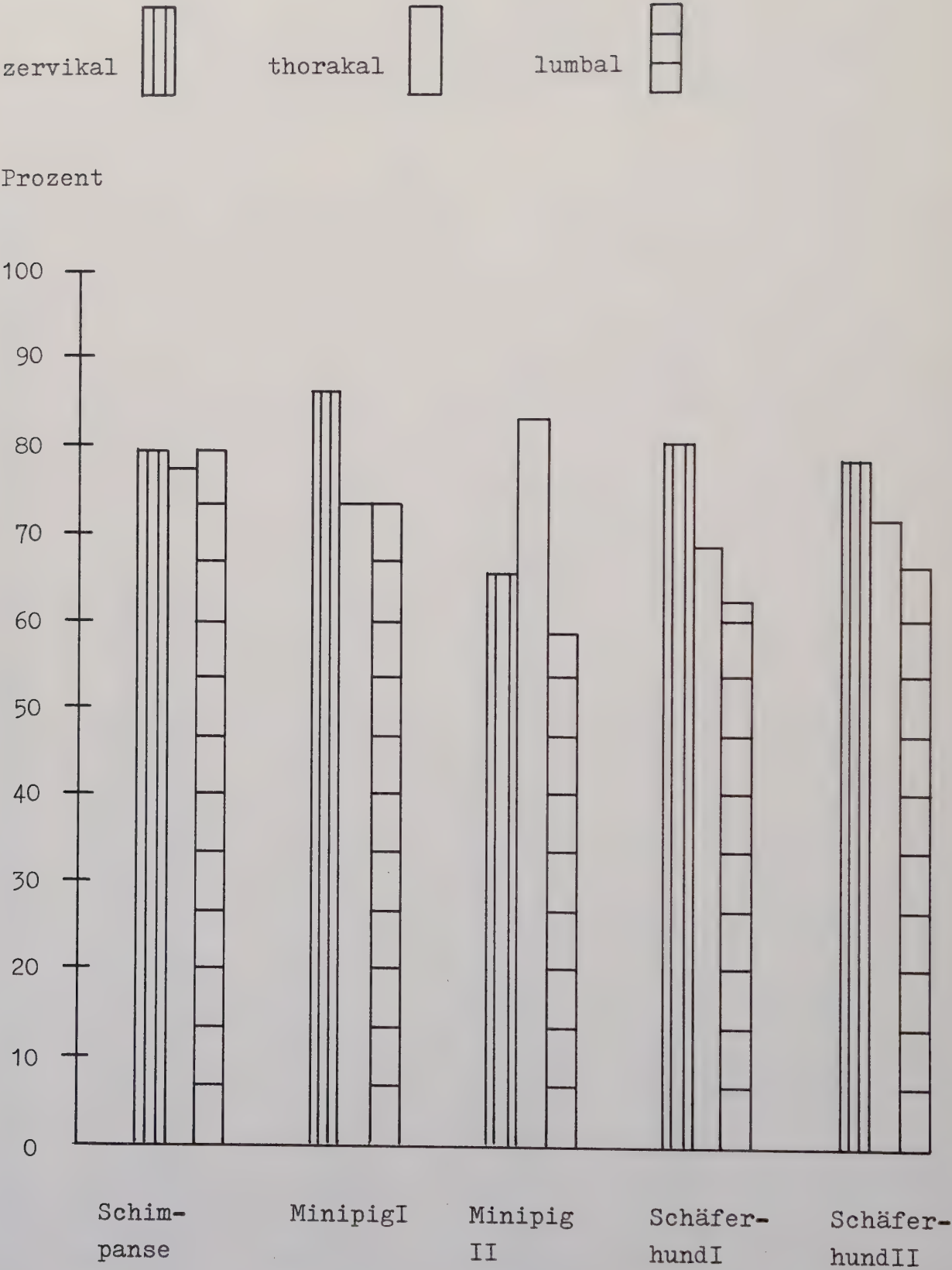


Tabelle 2 Fortsetzung 3

zervikal 
 thorakal 
 lumbal 

Prozent

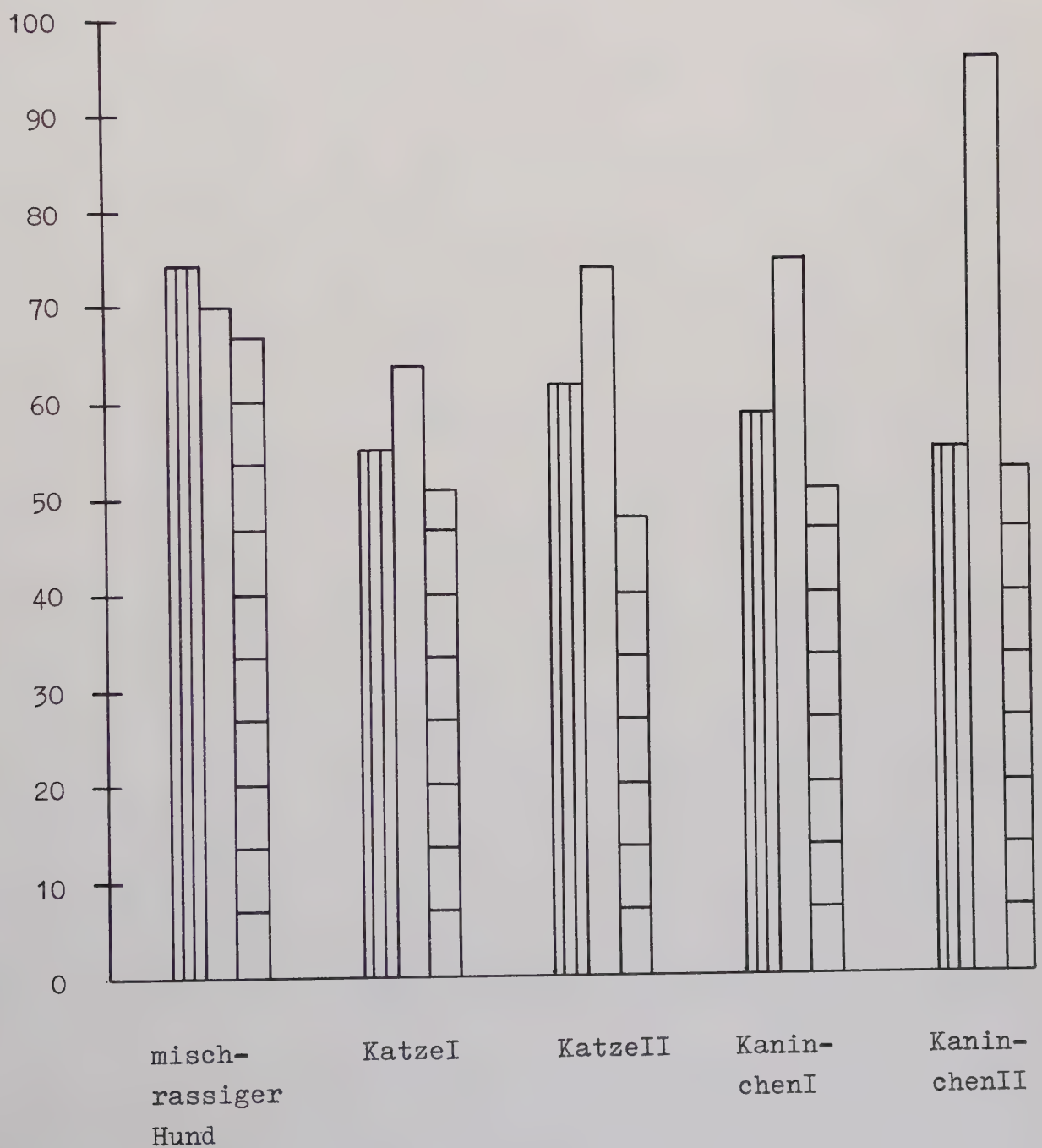
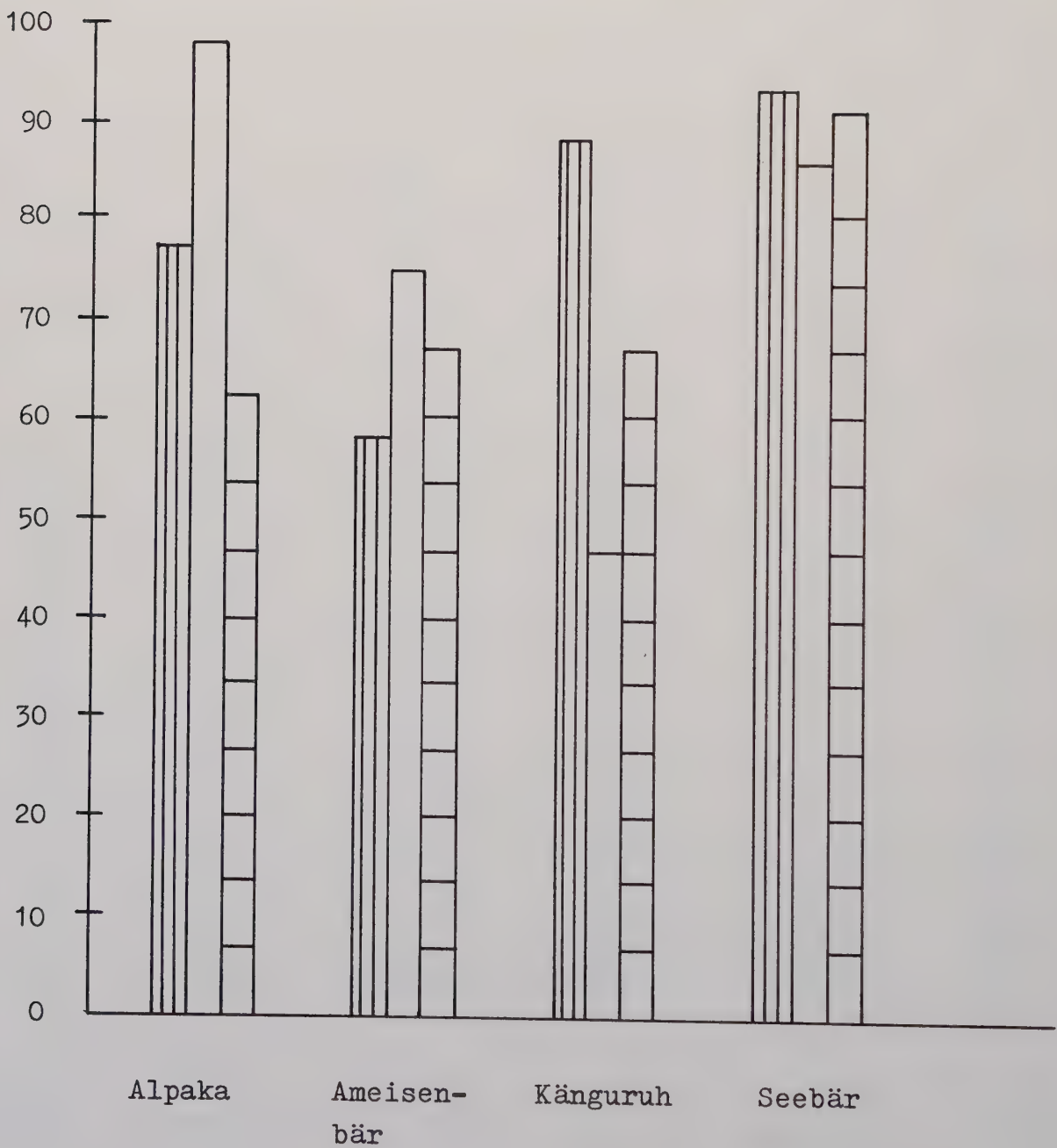


Tabelle 2 Fortsetzung 4

zervikal 
 thorakal 
 lumbal 

Prozent



In der Tabelle 2 werden zwei Meßstrecken der jeweils mittleren zervikalen, thorakalen und lumbalen Bandscheiben miteinander verglichen.

Die erste Meßstrecke ist die Ausdehnung der Bandscheibe vom vorderen zum hinteren Längsband in der Mediansagittalen.

Die zweite Meßstrecke verläuft zur ersten im rechten Winkel und durch den Mittelpunkt des zentralen, mobilen Bandscheibengewebes.

In der Tabelle 2 dargestellt sind die prozentualen Werte der ersten Meßstrecke, bezogen auf die Werte der zweiten Meßstrecke, die jeweils hundert Prozent entsprechen.

Bei der MeerkatzeI ließen sich keine Meßwerte für die mittlere Halsbandscheibe erheben.

Für die von uns untersuchten Halsbandscheiben lassen sich folgende Ergebnisse ableiten:

Alle untersuchten Halsbandscheiben bis auf die des Orang-Utah weisen Werte unter hundert Prozent auf, ihre Ausdehnung in mediansagittaler Richtung ist also kleiner als in horizontaler Richtung.

Die Halsbandscheibe des Orang-Utah weist ein umgekehrtes Streckenverhältnis auf.

KatzeI und KaninchenII besitzen mit je fünfundfünfzig Prozent die niedrigsten Werte, der Orang-Utah besitzt mit hundertzweiundzwanzig Prozent den höchsten Wert.

Bei den fünf untersuchten Menschenhalsbandscheiben liegen die Werte zwischen neunundfünfzig Prozent für MenschII und sechsundachtzig Prozent für MenschIV.

Die fünf Affen besitzen Werte zwischen dreiundsechzig Prozent, gefunden bei der MeerkatzeII, und hundertzweiundzwanzig Prozent beim Orang-Utah.

Die Gruppe der elf vierfüßigen Tiere bietet Werte zwischen fünfundfünfzig Prozent für KatzeI und KaninchenII und sechsundachtzig Prozent für das MinipigI.

Für die mittleren thorakalen Bandscheiben ergibt sich aus Tabelle 2:

Alle vermessenen Thorakalbandscheiben bis auf die des Drillaffen weisen Werte unter hundert Prozent auf, sind also in Mediansagittalrichtung kleiner als in Horizontalrichtung. Der Drill weist mit hundertundvier Prozent ein umgekehrtes Streckenverhältnis auf.

Das Känguruh besitzt mit siebenundvierzig Prozent den geringsten, der Drill mit hundertundvier Prozent den höchsten relativen Streckenwert in mediansagittaler Richtung.

Bei den fünf Menschen schwanken die Werte zwischen siebzig Prozent für MenschIV und achtundneunzig Prozent für MenschIII.

Die sechs untersuchten Affen bieten Werte zwischen neunundsechzig Prozent für den Orang-Utah und hundertundvier Prozent für den Drillaffen.

Die elf Vierfüßler weisen Werte zwischen vierundsechzig Prozent bei der KatzeI und achtundneunzig Prozent beim Alpaka auf.

Für die untersuchten lumbalen Bandscheiben lassen sich folgende Aussagen treffen:

Sämtliche Lumbalbandscheiben weisen Werte unter hundert Prozent auf, d.h. alle Lumbalbandscheiben sind in mediansagittaler Richtung kürzer als in horizontaler Richtung.

Die KatzeII besitzt mit achtundvierzig Prozent den kleinsten Wert, der Seebär mit einundneunzig Prozent den größten.

Die fünf menschlichen Lumbalbandscheiben bieten Werte zwischen neunundfünfzig Prozent für MenschI und siebzig Prozent für MenschIII.

Die lumbalen Bandscheiben der sechs Affen liegen zwischen fünfundfünfzig Prozent bei der MeerkatzeI und neunundsiebzig Prozent für den Schimpansen.

Die Gruppe der elf vierfüßigen Tiere weist Werte zwischen achtundvierzig Prozent, gemessen bei der KatzeII, und dreiundsiebzig Prozent für das MinipigI auf

III3)c) : Vergleich von Längs- und Querausdehnungen des zentralen, mobilen Bandscheibengewebes

Tabelle 3 : Darstellung der prozentualen Werte der Meßstrecke des zentralen, mobilen Bandscheibengewebes, die vom vorderen zum hinteren Längsband in der Mediansagittalen verläuft, bezogen auf die Werte der Meßstrecke des zentralen, mobilen Bandscheibengewebes, die mit der oben genannten Meßstrecke einen rechten Winkel einschließt und durch den Mittelpunkt des zentralen, mobilen Bandscheibengewebes geht.

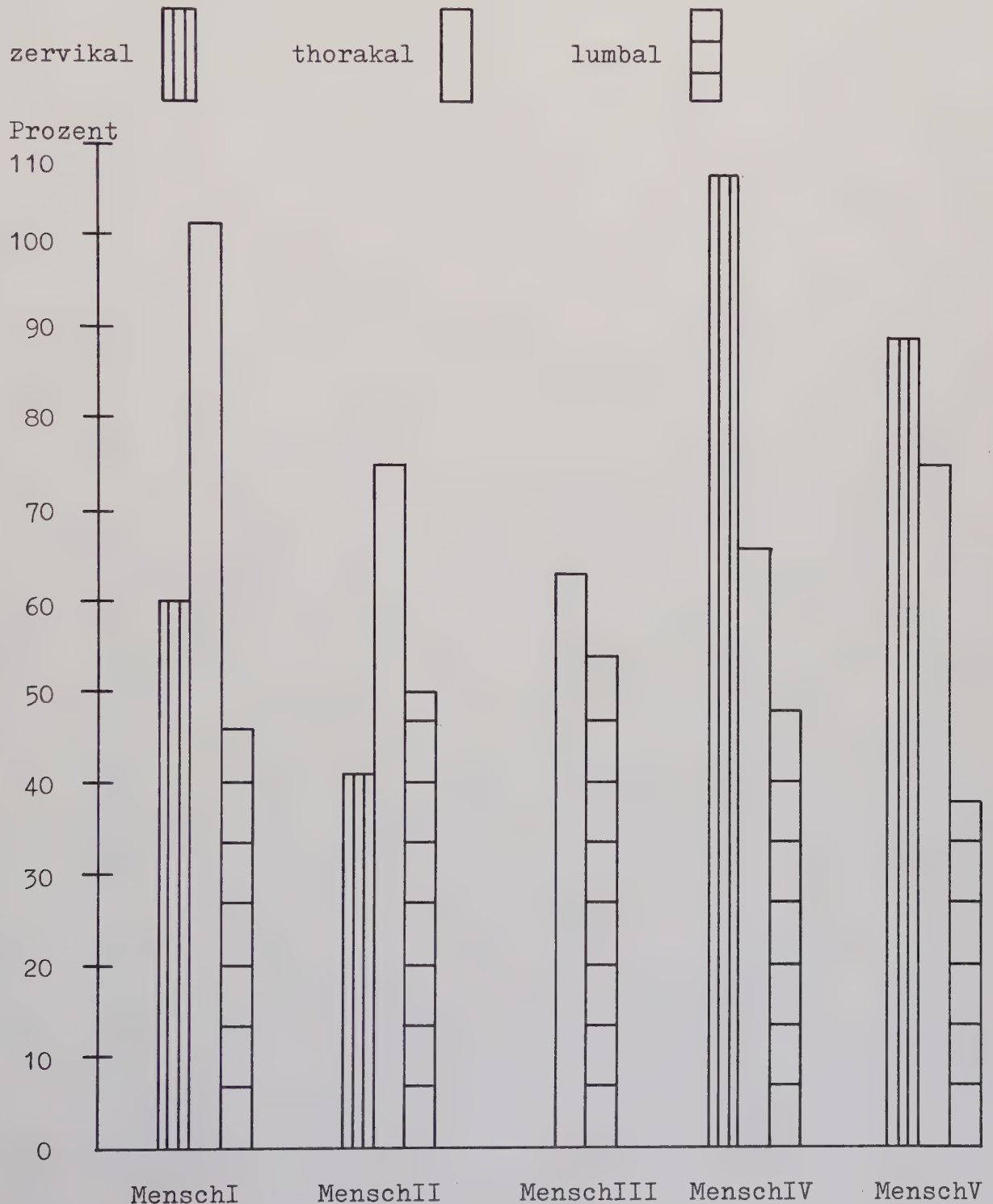


Tabelle 3 Fortsetzung 1

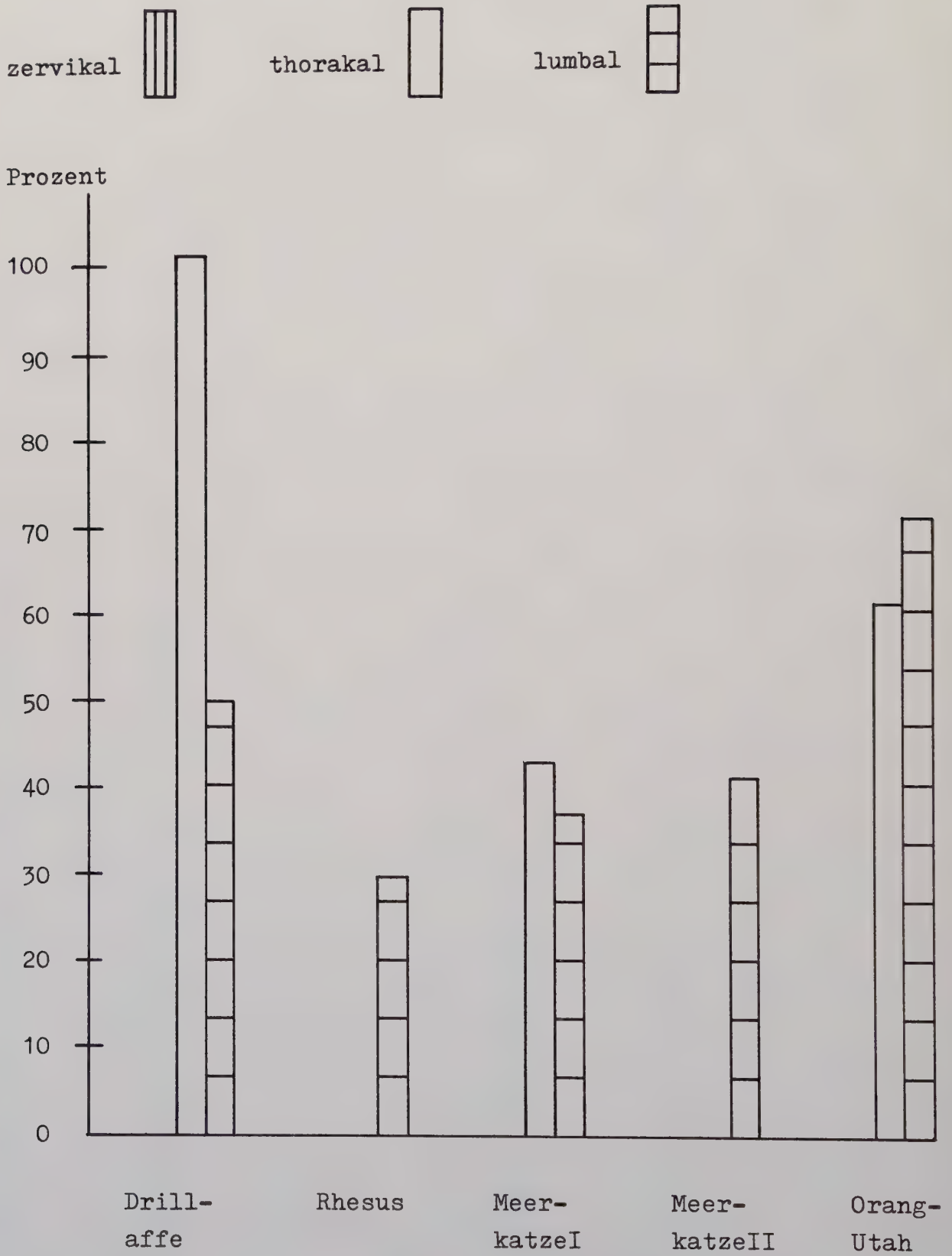


Tabelle 3 Fortsetzung 2

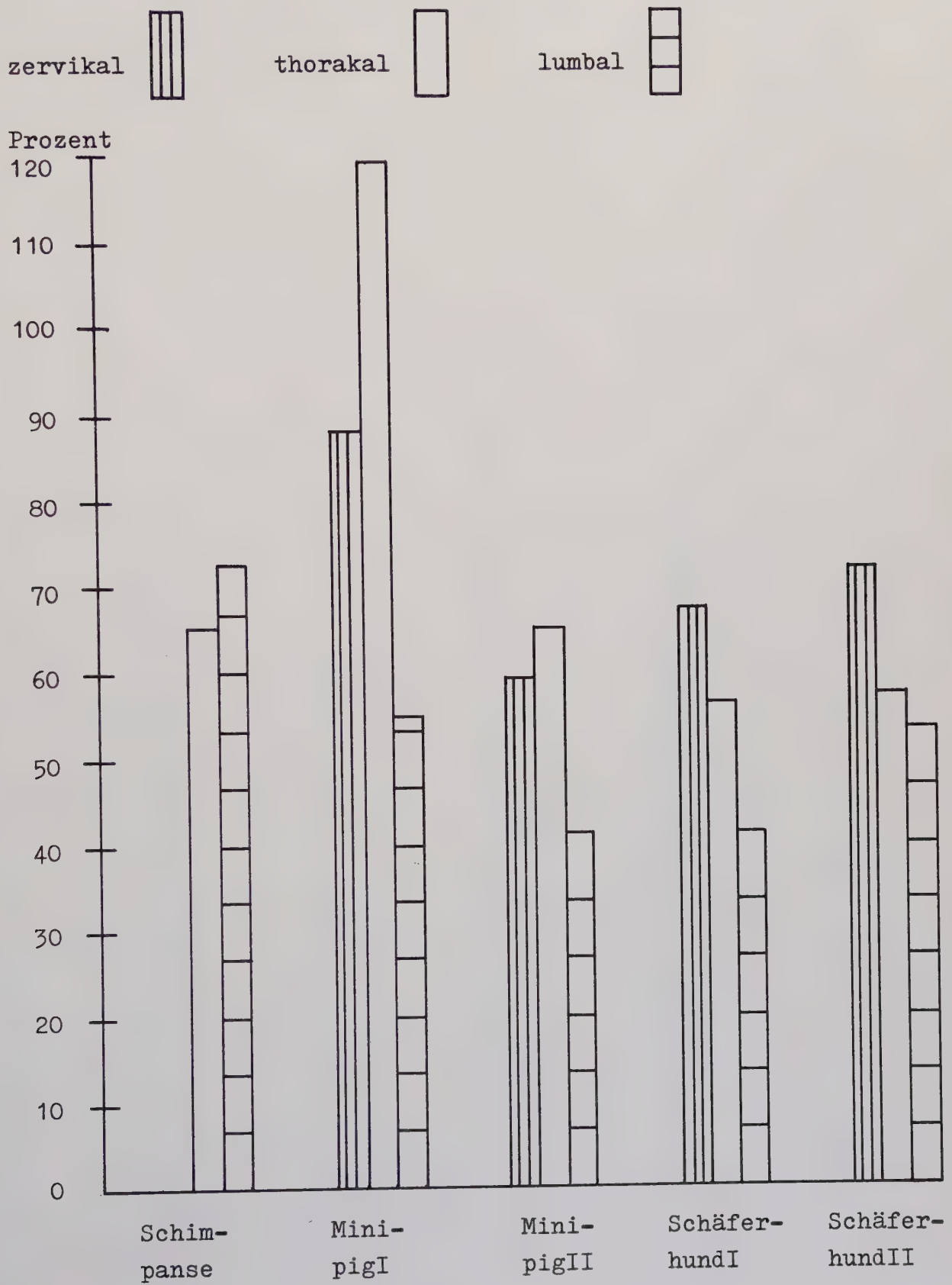


Tabelle 3 Fortsetzung 3

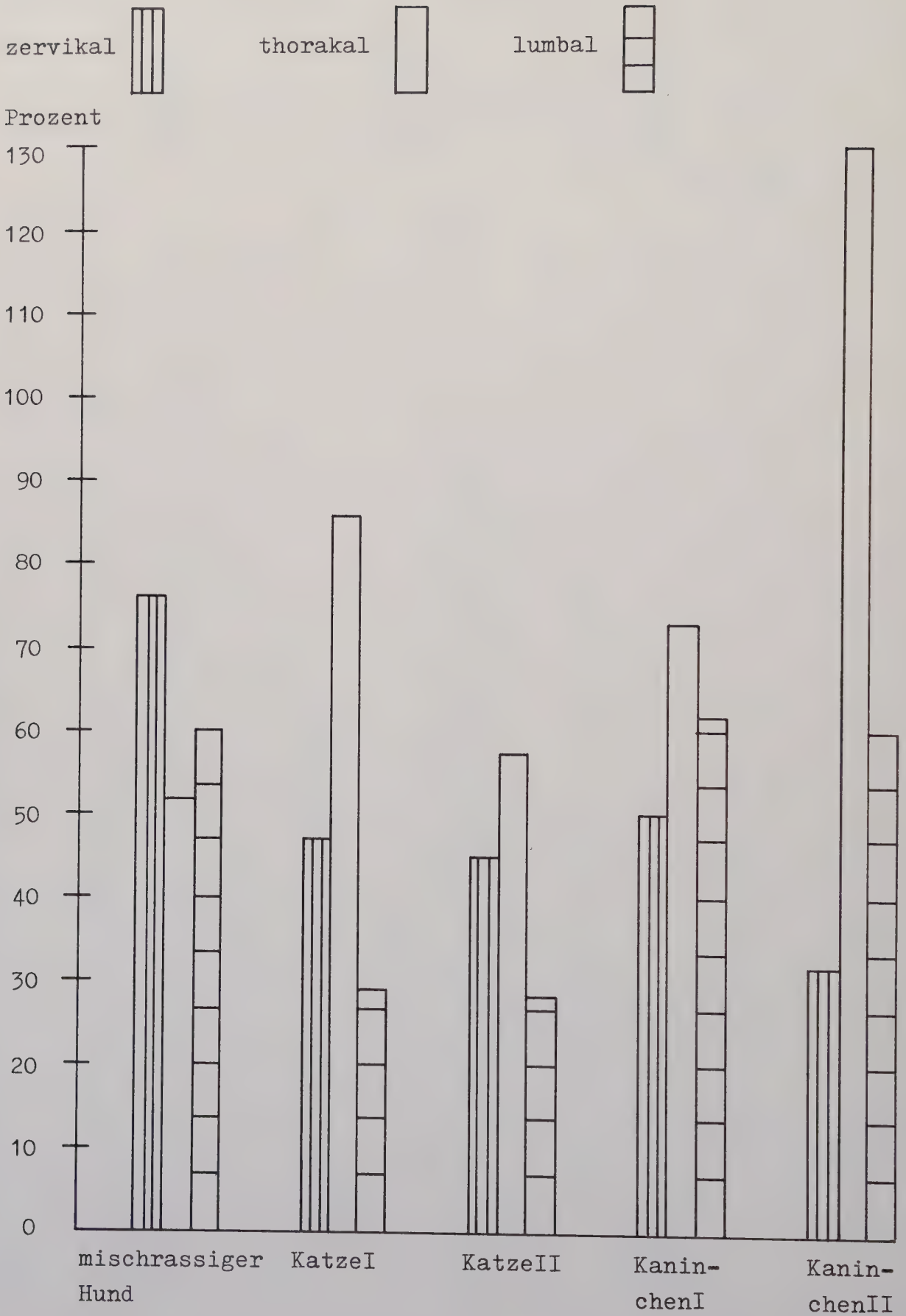
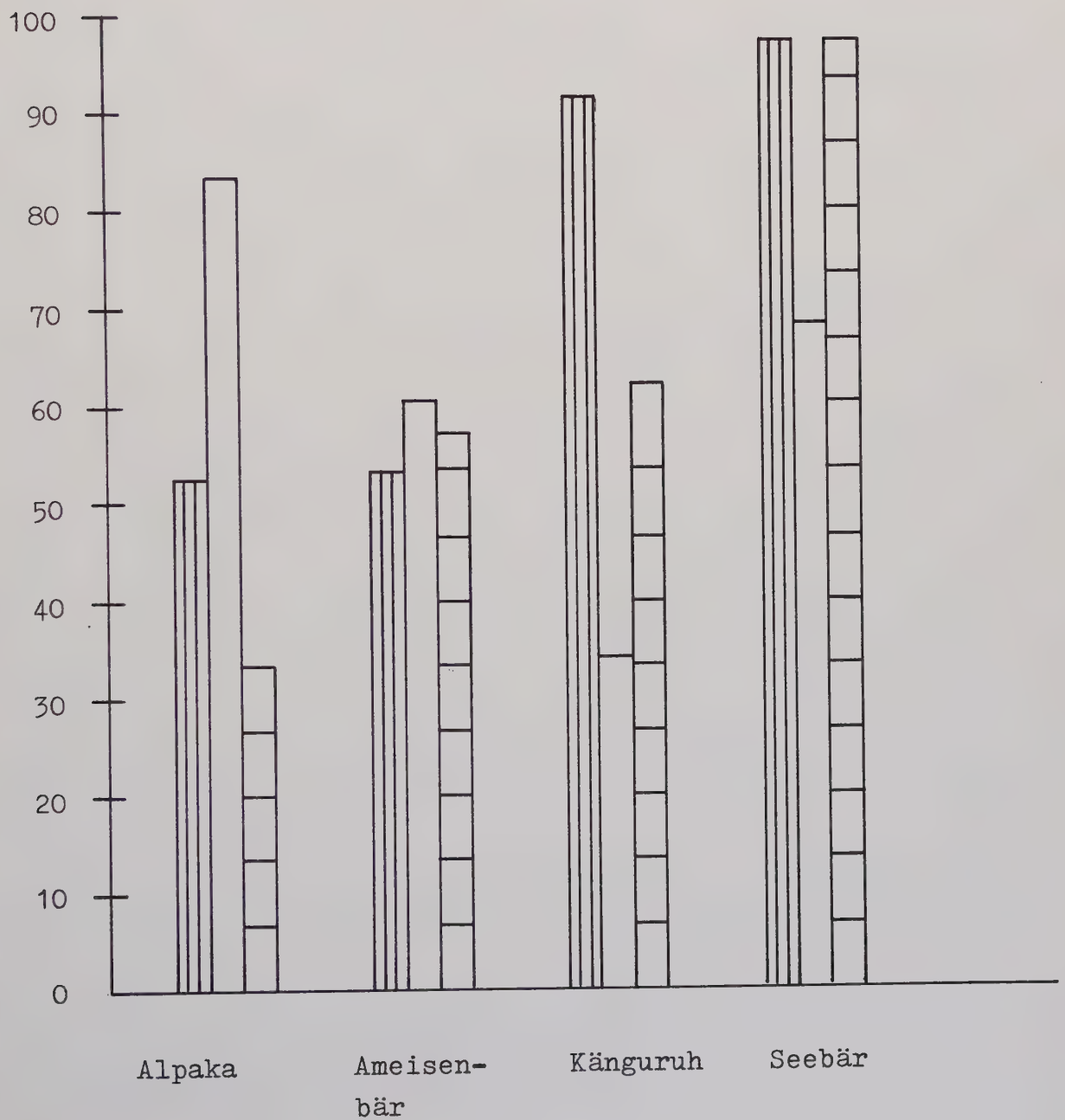


Tabelle 3 Fortsetzung 4

zervikal 
 thorakal 
 lumbal 

Prozent



In der Tabelle 3 werden zwei Meßstrecken des zentralen mobilen Bandscheibengewebes der jeweils mittleren zervikalen, thorakalen und lumbalen Bandscheiben miteinander verglichen.

Die erste Meßstrecke ist die Ausdehnung des zentralen mobilen Bandscheibengewebes in Richtung auf die beiden Längsbänder in der Mediansagittalen.

Die zweite Meßstrecke verläuft zur ersten im rechten Winkel und durch den Mittelpunkt des zentralen mobilen Bandscheibengewebes.

In der Tabelle 3 dargestellt sind die prozentualen Werte der ersten Meßstrecke, bezogen auf die Werte der zweiten Meßstrecke, die jeweils hundert Prozent entsprechen.

Für den MenschenIII und die sechs Affen ließen sich keine Werte für die mittleren Halsbandscheiben messen. Beim Rhesus und bei der MeerkatzeII fehlen die Meßwerte für die Brustbandscheiben.

Für die von uns untersuchten Halsbandscheiben lassen sich folgende Ergebnisse ableiten:

Alle untersuchten Halsbandscheiben bis auf die des MenschenIV weisen Werte unter hundert Prozent auf, d.h. die Ausdehnung ihrer zentralen mobilen Bandscheibengewebe in mediansagittaler Richtung ist kleiner als in dazu senkrechter Richtung durch den Mittelpunkt des zentralen mobilen Bandscheibengewebes.

Die Halsbandscheibe des MenschenIV weist mit dem Maximalwert von hundertundsieben Prozent ein umgekehrtes Streckenverhältnis auf, KaninchenII bietet mit zweiunddreißig Prozent die relativ kleinste Ausdehnung des zentralen mobilen Bandscheibengewebes in mediansagittaler Richtung.

Bei den vier vermessenen Menschenhalsbandscheiben liegen die Werte zwischen einundvierzig Prozent bei MenschII und hundertundsieben Prozent bei MenschIV.

Die Gruppe der elf vierfüßigen Tiere bietet Werte zwischen zweiunddreißig Prozent für das KaninchenII und achtundachtzig Prozent für das MinipigI.

Für die mittleren Brustbandscheiben ergibt sich aus Tabelle 3: Bei den von uns vermessenen Thorakalbandscheiben liegen die relativen Werte der zentralen mobilen Bandscheibengewebe in

mediansagittaler Richtung von MenschI, vom Drill, vom MinipigI und vom KaninchenII über hundert Prozent, die zentralen mobilen Bandscheibengewebe dieser Thorakalbandscheiben haben in mediansagittaler Richtung eine größere Ausdehnung als in dazu senkrechter Richtung durch den Mittelpunkt des zentralen mobilen Bandscheibengewebes. Die übrigen Thorakalbandscheiben weisen ein umgekehrtes Streckenverhältnis auf.

Das Känguruh bietet mit vierunddreißig Prozent den kleinsten, das KaninchenII mit hundertneunundzwanzig Prozent den höchsten Wert.

Bei den fünf Menschenbrustbandscheiben weist MenschIII mit dreiundsechzig Prozent den kleinsten, MenschI mit hundertundeins Prozent den größten Wert auf.

Die Werte der von uns vermessenen vier Affenbrustbandscheiben liegen zwischen dreiundvierzig Prozent für die MeerkatzeI und hundertundeins Prozent für den Drill.

Bei den elf vierfüßigen Tieren liegen die Werte zwischen zweiundfünfzig Prozent für den mischrassigen Hund und hundertneunundzwanzig Prozent für das KaninchenII.

Für die untersuchten lumbalen Bandscheiben lassen sich aus Tabelle 3 folgende Aussagen treffen:

Sämtliche Lumbalbandscheiben weisen Werte unter hundert Prozent auf, d.h. bei allen untersuchten Tieren und Menschen ist die Ausdehnung des zentralen mobilen Bandscheibengewebes in mediansagittaler Richtung geringer als in dazu senkrechter Richtung durch den Mittelpunkt des zentralen mobilen Bandscheibengewebes.

Die KatzeII besitzt mit achtundzwanzig Prozent den Minimalwert, der Seebär mit siebenundneunzig Prozent Maximalwert in unserem Untersuchungsmaterial.

Bei den fünf menschlichen Lumbalbandscheiben schwanken die Werte zwischen achtunddreißig Prozent für MenschV und vierundfünfzig Prozent für MenschIII.

Die Werte der sechs lumbalen Affenbandscheiben liegen zwischen dreißig Prozent beim Rhesus und zweiundsiebzig Prozent beim Schimpansen.

Die Gruppe der elf vierfüßigen Tiere bietet Werte zwischen achtundzwanzig Prozent für die KatzeII und zweiundsechzig Prozent für das KaninchenI.

III3)d) : Vergleich der Faserringbreiten am vorderen und hinteren Längsband

Tabelle 4 : Darstellung der prozentualen Faserringbreite am hinteren Längsband, bezogen auf die Faserringbreite am vorderen Längsband, für die jeweils mittleren zervikalen, thorakalen und lumbalen Bandscheiben

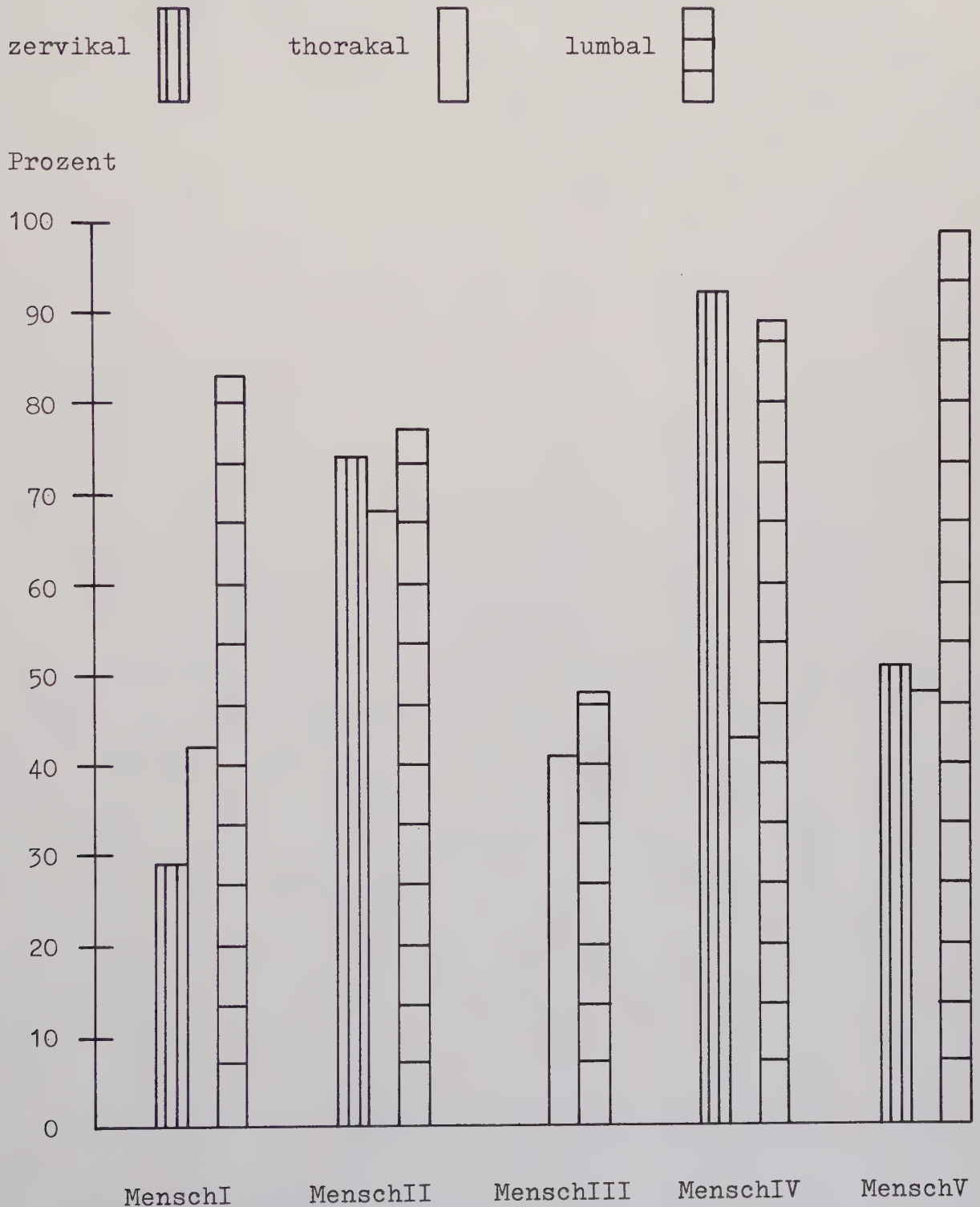


Tabelle 4 Fortsetzung 1

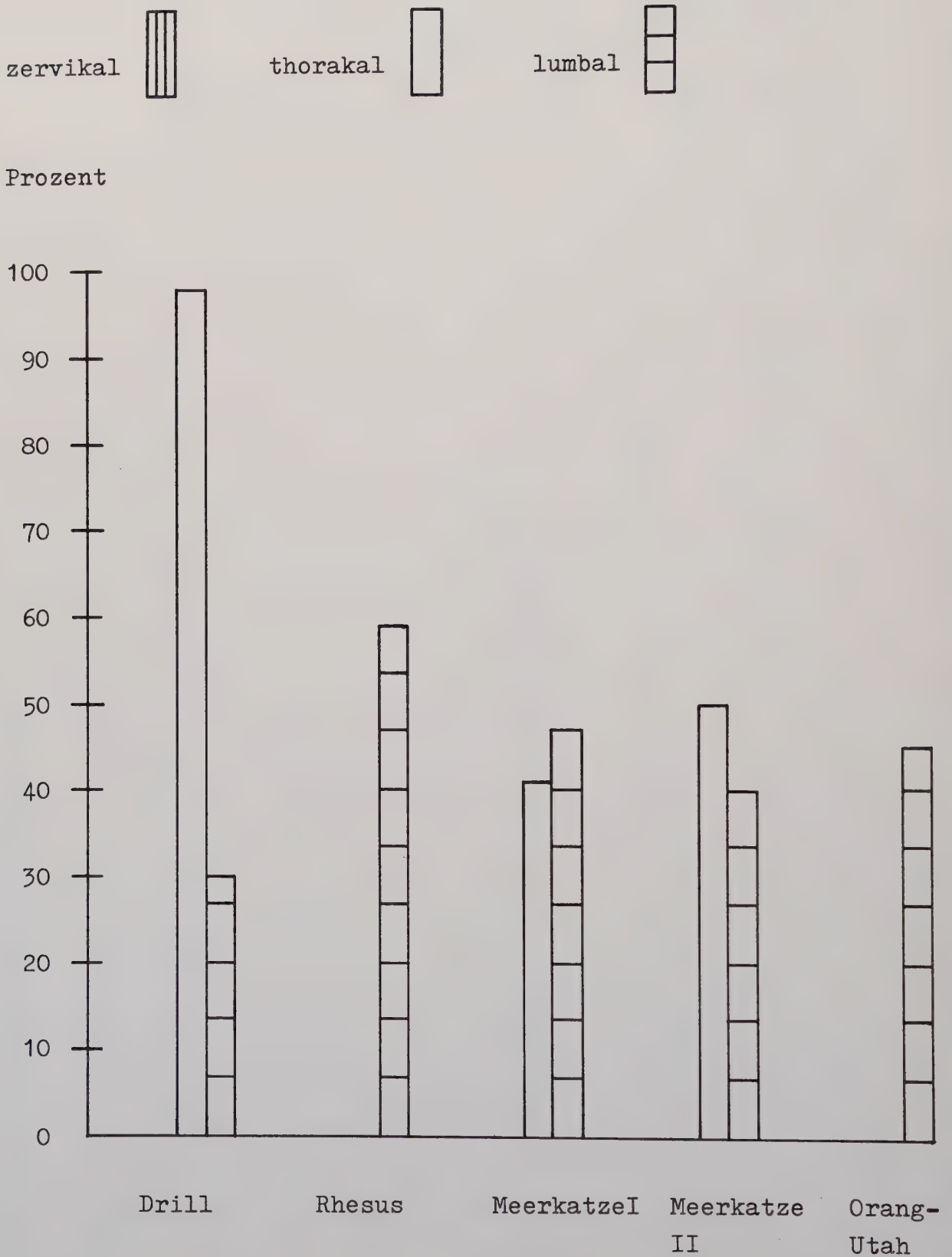


Tabelle 4 Fortsetzung 2

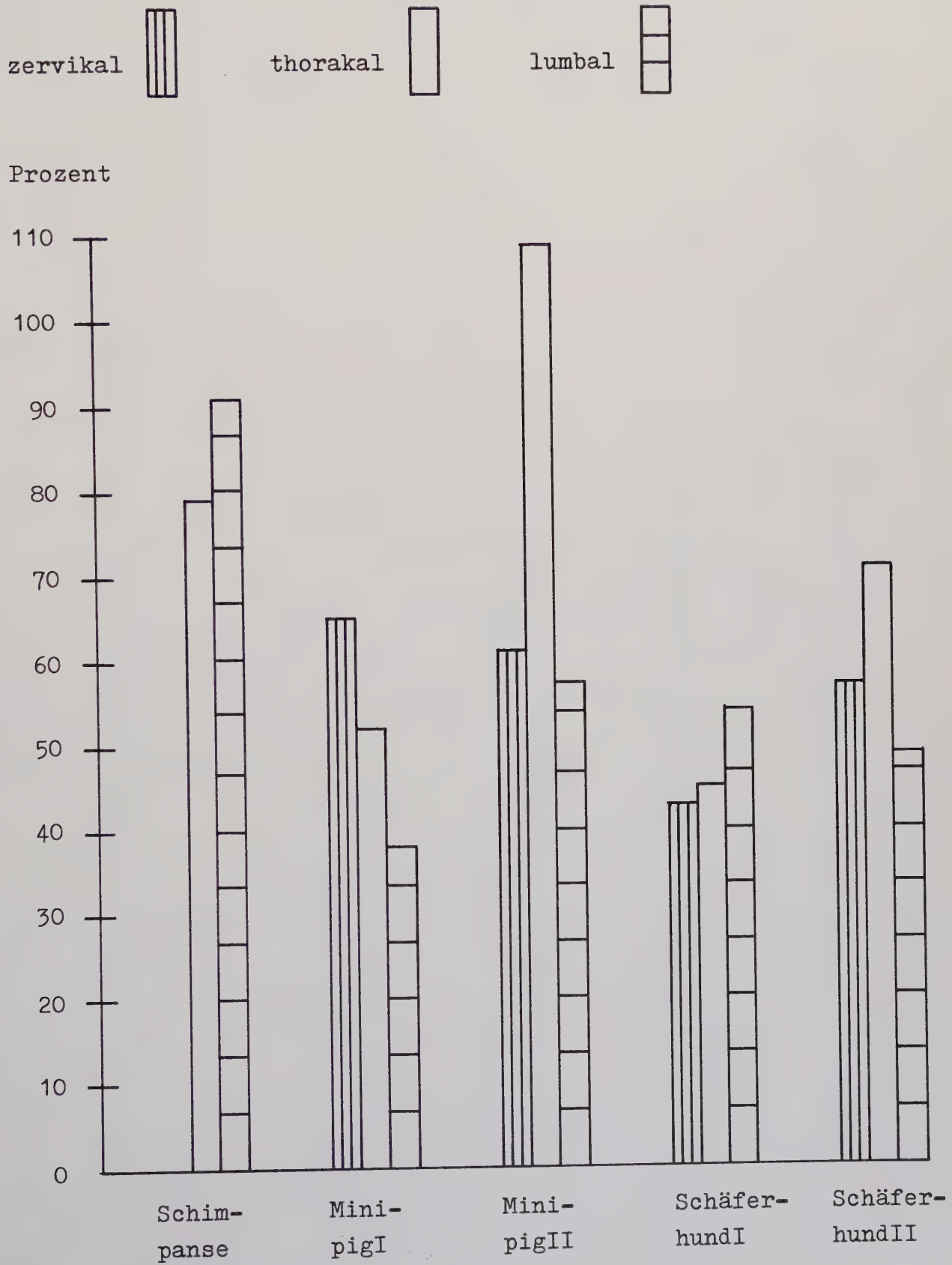
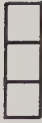


Tabelle 4 Fortsetzung 3

zervikal 
 thorakal 
 lumbal 

Prozent

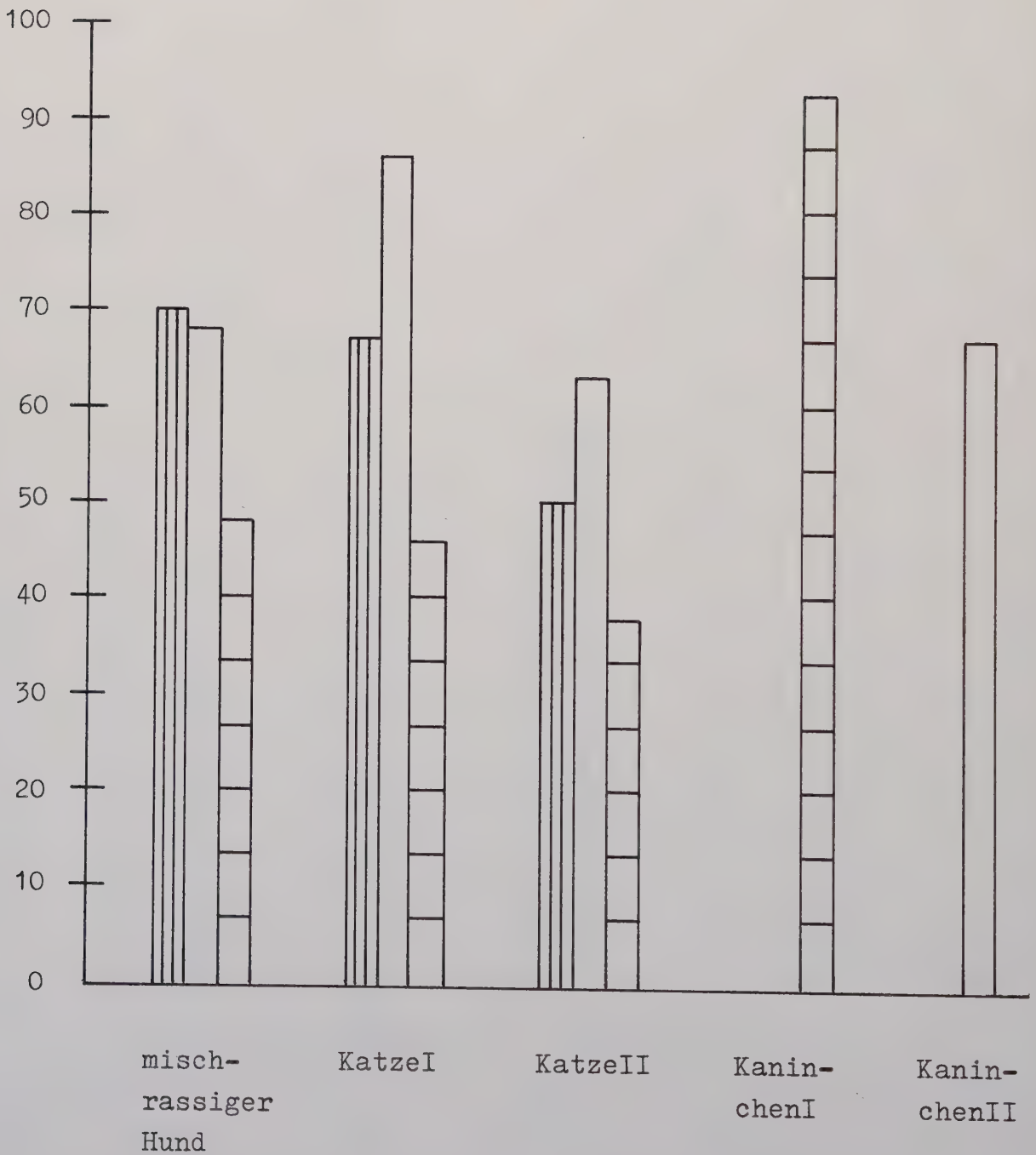
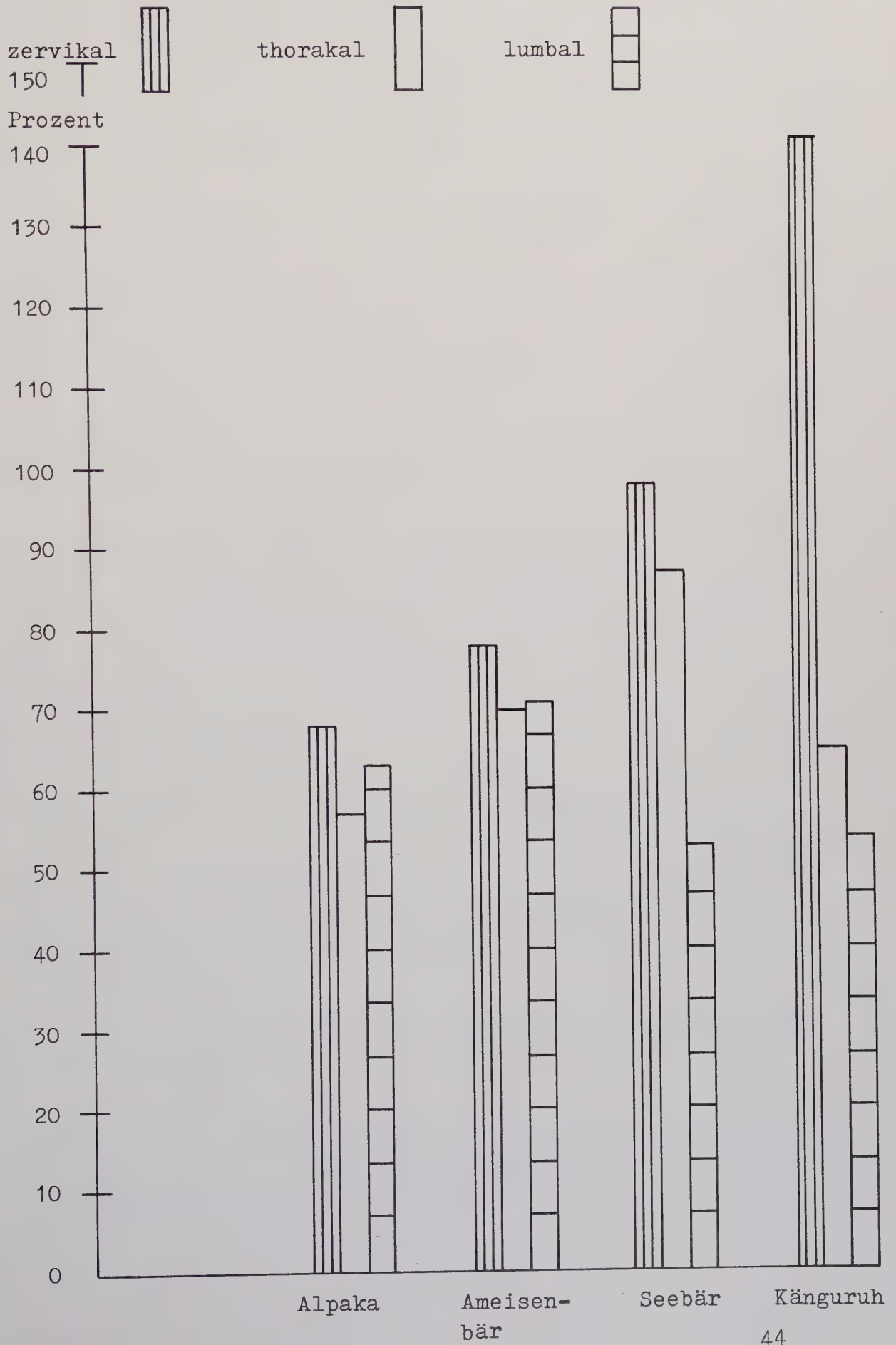


Tabelle 4 Fortsetzung 4



In der Tabelle 4 werden die jeweils mittleren oder nächst höheren Bandscheiben der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäulen bezüglich ihrer Faserringbreiten am vorderen und am hinteren Längsband in der Mediansagittalen verglichen.

Die Werte der Faserringbreiten am hinteren Längsband sind jeweils in Prozenten der entsprechenden Meßstrecken am vorderen Längsband aufgetragen.

Bei den sechs Affen, bei den beiden Kaninchen und beim MenschenIII ließen sich keine Werte für die zervikalen Bandscheiben erheben. Beim Rhesus, beim Orang-Utan und beim KaninchenI fehlen die Werte für die Brustbandscheiben. Für die Lumbalbandscheibe des KaninchenII liegt lediglich der Wert für die Faserringbreite am vorderen Längsband vor.

Betrachtet man in der Tabelle 4 zunächst nur die Werte für die zervikalen Bandscheiben, so lassen sich folgende Ergebnisse formulieren:

Alle von uns vermessenen Halsbandscheiben bis auf die des Känguruh weisen Werte unter hundert Prozent auf, d.h. die Faserringbreiten am hinteren Längsband, mediansagittal, sind kleiner als am vorderen Längsband, mediansagittal.

Das Känguruh weist mit hunderteinundvierzig Prozent die größte relative Faserringbreite auf, MenschI mit neunundzwanzig Prozent die kleinste.

Die Werte der vier Menschenhalsbandscheiben liegen zwischen neunundzwanzig Prozent bei MenschI und zweiundneunzig Prozent bei MenschIV.

Die entsprechenden Werte der Halsbandscheiben der neun Vierfüßler bieten Werte zwischen dreiundvierzig Prozent, gemessen beim SchäferhundI, und achtundsiebzig Prozent für den Ameisenbär.

Die relative Faserringbreite der Halsbandscheibe des Seebären beträgt achtundneunzig Prozent am hinteren Längsband, mediansagittal.

Für die thorakalen Bandscheiben ergibt sich aus Tabelle 4: Bis auf die Brustbandscheibe des MinipigII bieten alle anderen vermessenen Brustbandscheiben relative Faserringbreiten am

hinteren Längsband von unter hundert Prozent.

Das MinipigII hat mit hundertundneun Prozent die größte relative Faserringbreite am hinteren Längsband, mediansagittal, die MeerkatzeI und MenschIII haben mit je einundvierzig Prozent die kleinste relative Faserringbreite am hinteren Längsband, mediansagittal.

Die Werte der fünf menschlichen Brustbandscheiben liegen zwischen einundvierzig Prozent für MenschIII und achtundsechzig Prozent für MenschII.

Bei den vier thorakalen Affenbandscheiben besitzt die Bandscheibe der MeerkatzeI mit einundvierzig Prozent die kleinste, die Bandscheibe des Drill mit achtundneunzig Prozent die größte relative Faserringbreite am hinteren Längsband in der Mediansagittalen.

Die Brustbandscheiben der zehn vierfüßigen Tiere bieten Werte zwischen fünfundvierzig Prozent für den SchäferhundI und hundertundneun Prozent für das MinipigII.

Die entsprechenden Werte für das Känguruh und den Seebären betragen fünfundsechzig und siebenundachtzig Prozent.

Für die lumbalen Bandscheiben lassen sich aus der Tabelle 4 folgende Aussagen treffen:

Alle von uns untersuchten lumbalen Bandscheiben weisen relative Faserringbreiten am hinteren Längsband, mediansagittal, auf, die unter hundert Prozent liegen.

Der MenschV besitzt mit neunundneunzig Prozent die größte, der Drill mit dreißig Prozent die kleinste relative Faserringbreite am hinteren Längsband, mediansagittal.

Die Werte der fünf menschlichen Lumbalbandscheiben liegen zwischen achtundvierzig Prozent bei MenschIII und neunundneunzig Prozent bei MenschV.

Die Werte der Lumbalbandscheiben der sechs Affen liegen zwischen dreißig Prozent für den Drill und einundneunzig Prozent für den Schimpansen.

Bei den zehn Vierfüßlern weist die KatzeII mit achtunddreißig Prozent die kleinste, das KaninchenI mit zweiundneunzig Prozent die größte relative Faserringbreite am hinteren Längsband, mediansagittal, auf.

Die entsprechenden Werte für Känguruh bzw. Seebär betragen vierundfünfzig bzw. dreiundfünfzig Prozent.

III3)e) : Vergleich der Bandscheibenrandhöhen mit zugehörigen Wirbelkörperperrandhöhen am vorderen Längsband

Tabelle 5 : Darstellung der prozentualen Anteile der zervikalen, thorakalen und lumbalen Bandscheibenrandhöhen an den zugehörigen Meßstrecken vom oberen Wirbelkörperperrand des nächsthöheren Wirbelkörpers zum unteren Bandscheibenrand, gemessen am vorderen Längsband in der Mediansagittalen

zervikal  thorakal  lumbal 

Prozent

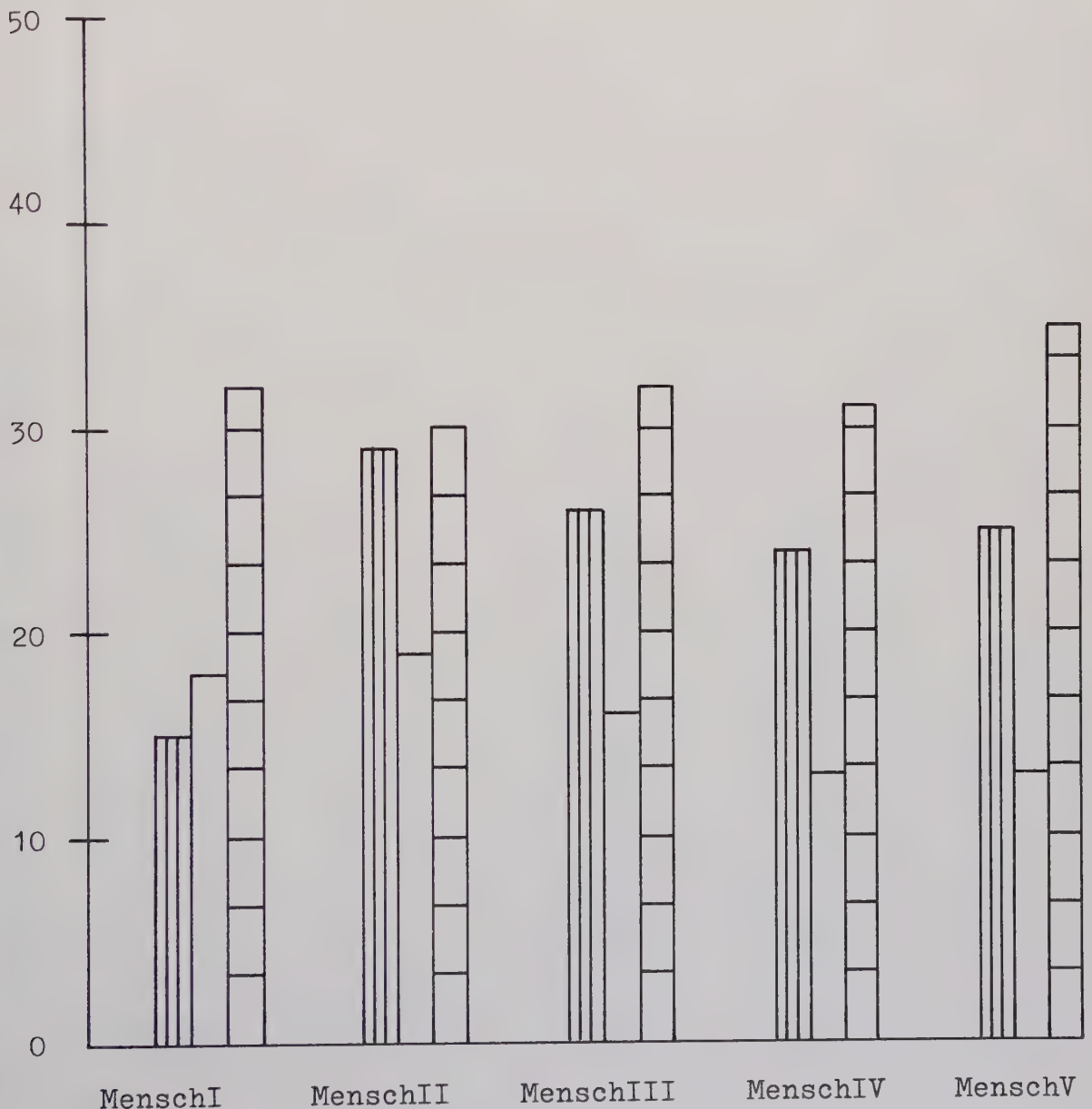


Tabelle 5 Fortsetzung 1

zervikal  thorakal  lumbal 

Prozent

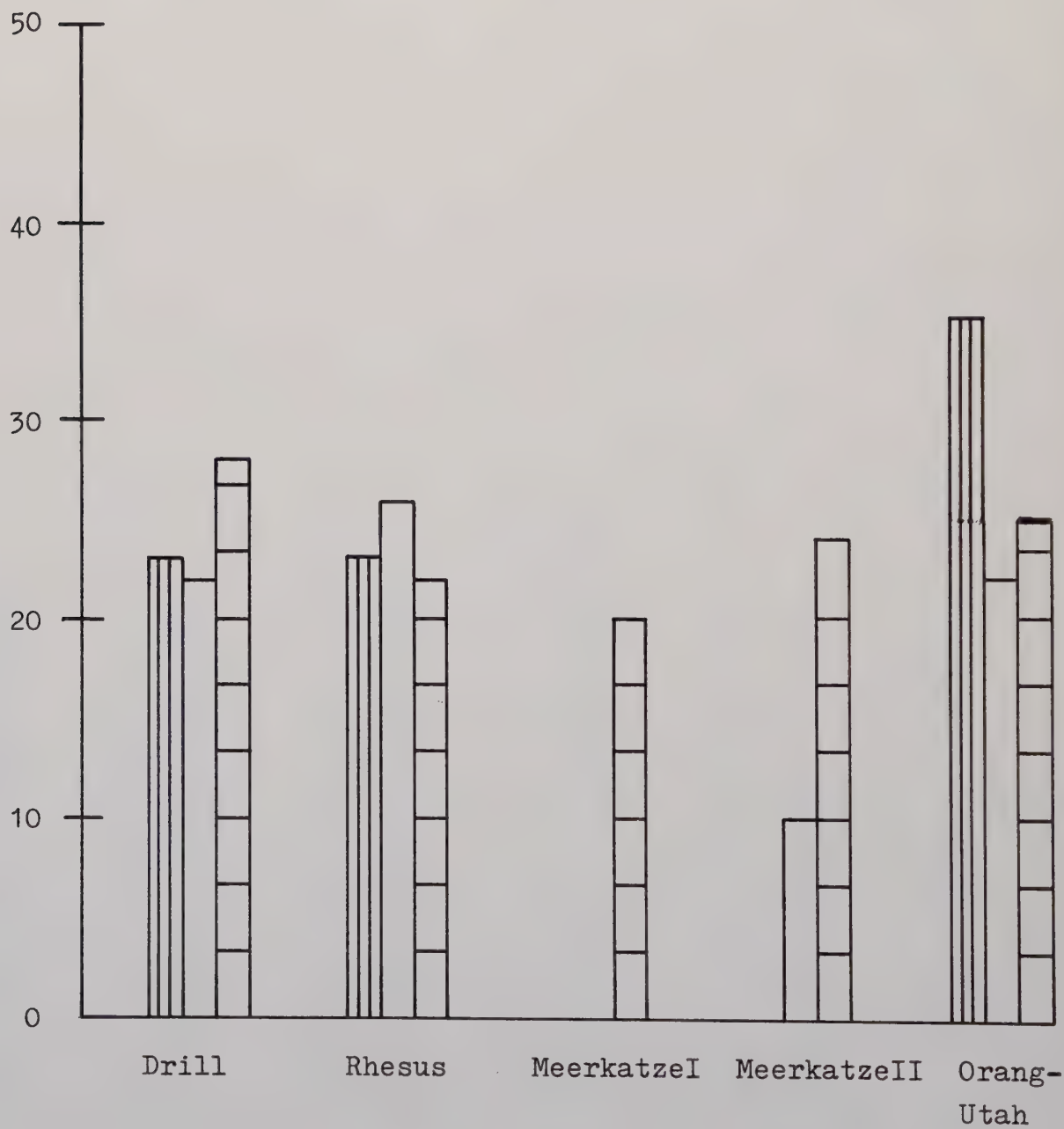


Tabelle 5 Fortsetzung 2

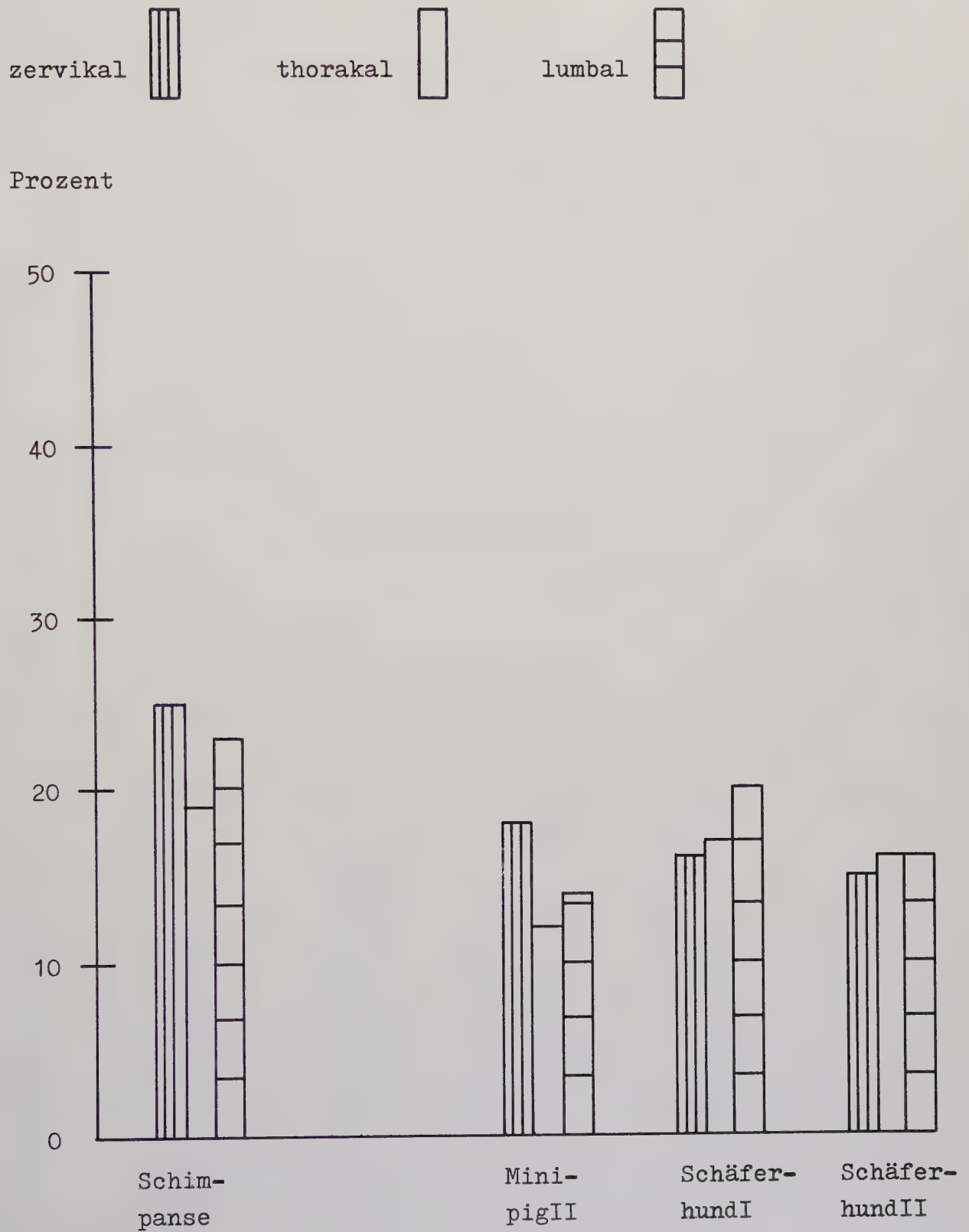


Tabelle 5 Fortsetzung 3

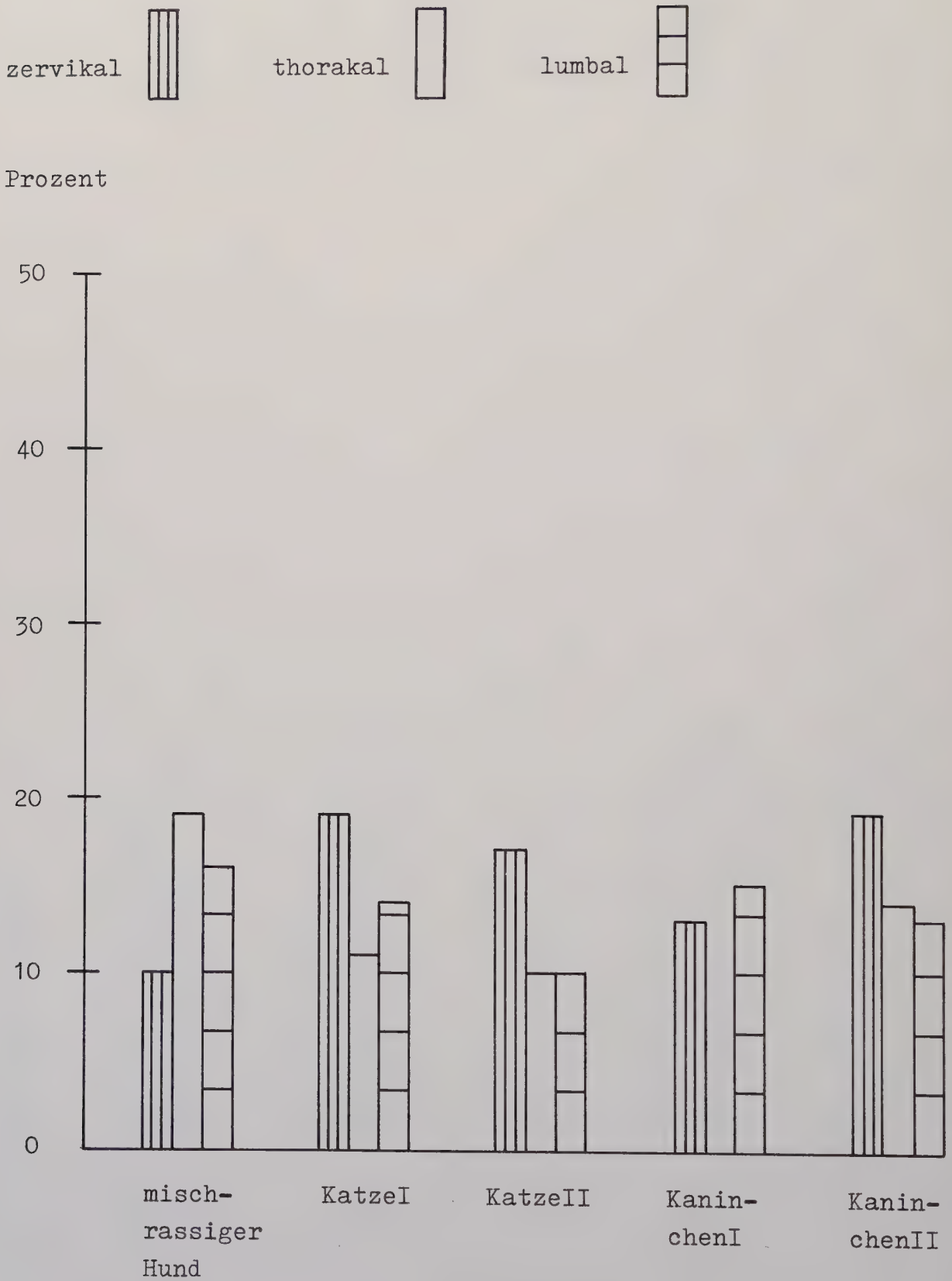
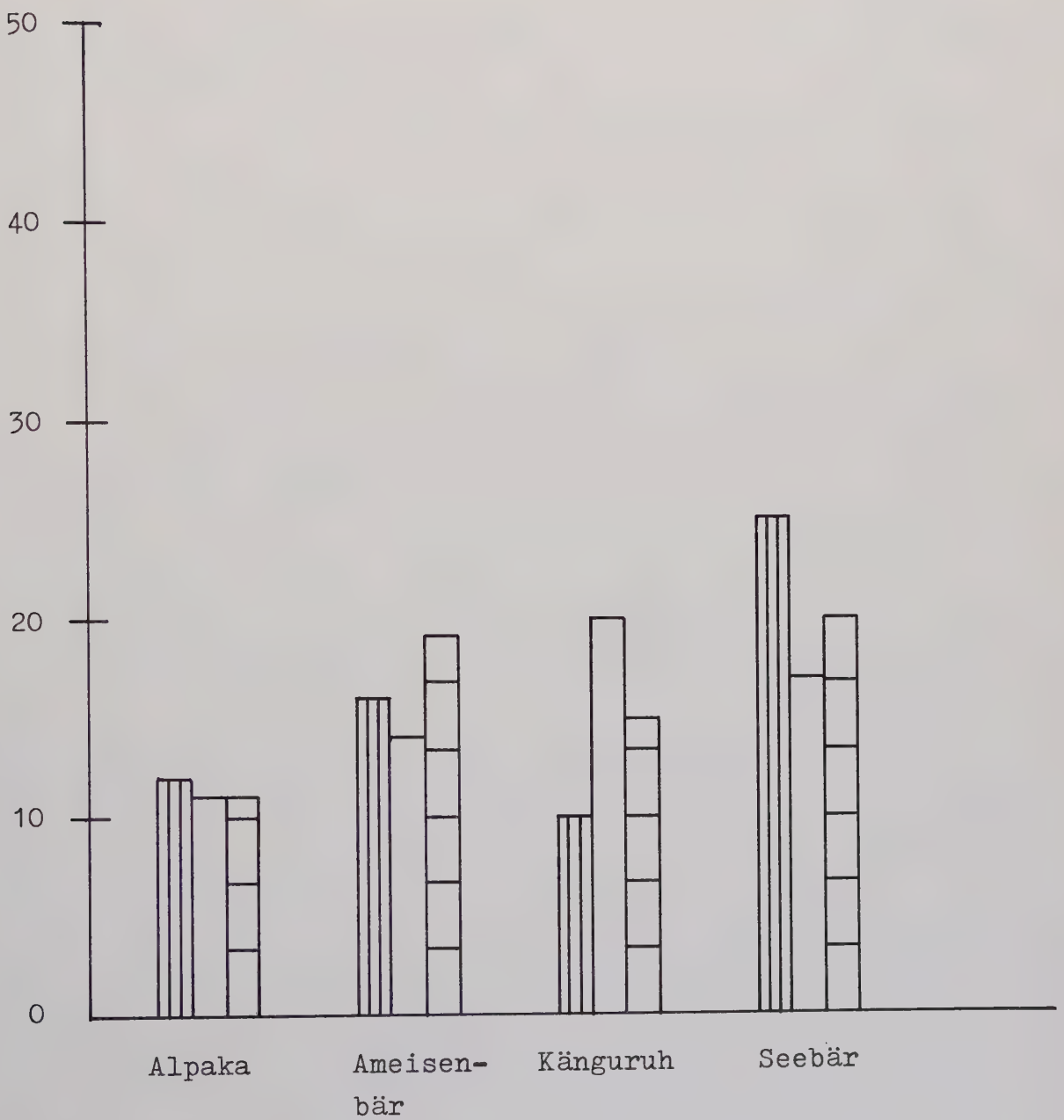


Tabelle 5 Fortsetzung 4

zervikal 
 thorakal 
 lumbal 

Prozent



In der Tabelle 5 werden die Bandscheibenrandhöhen am vorderen Längsband, mediansagittal, der jeweils mittleren zervikalen, thorakalen und lumbalen Bandscheiben mit den zugehörigen Strecken verglichen, die am vorderen Längsband in der Mediansagittalen vom oberen Wirbelkörperperrand des nächst höheren Wirbelkörpers zum unteren Rand der mittleren Bandscheibe verlaufen.

Die in Tabelle 5 aufgetragenen Prozentwerte geben den Anteil der Bandscheibenrandhöhen an der oben beschriebenen Meßstrecke wieder.

Für die beiden Meerkatzen fehlen die Meßwerte von den Halsbandscheiben, für das KaninchenI und die MeerkatzeI fehlen die Werte der Brustbandscheiben.

Für die zervikalen Bandscheiben lassen sich aus Tabelle 5 folgende Ergebnisse ableiten:

Alle relativen Halsbandscheibenrandhöhen weisen Werte von unter vierzig Prozent auf.

Der Minimalwert in unserer Untersuchung liegt bei zehn Prozent für das Känguruh, der Maximalwert beträgt fünfunddreißig Prozent, gemessen beim Orang-Utah.

In der Gruppe der fünf untersuchten Menschenhalsbandscheiben schwanken die Werte zwischen fünfzehn Prozent für MenschI und neunundzwanzig Prozent für MenschII.

Die entsprechenden Werte liegen bei den vier untersuchten Affenhalsbandscheiben zwischen je dreiundzwanzig Prozent für den Drill und den Rhesus und fünfunddreißig Prozent für den Orang-Utah.

Die zehn vierfüßigen Tiere bieten Werte zwischen zwölf Prozent, gemessen beim Alpaka, und neunzehn Prozent, gemessen beim KaninchenII.

Der Prozentwert für die Halsbandscheibe des Seebären beträgt fünfundzwanzig Prozent.

Betrachtet man in der Tabelle 5 nur die Werte für die thorakalen Bandscheiben, so lassen sich folgende Ergebnisse formulieren: Alle relativen Randhöhen der thorakalen Bandscheiben liegen unter dreißig Prozent.

Die MeerkatzeII und die KatzeII besitzen mit je zehn Prozent den kleinsten Prozentwert, der Rhesus weist mit sechsundzwanzig Prozent den höchsten Prozentwert unserer Untersuchung auf. MenschIV und MenschV mit je dreizehn Prozent und MenschII mit neunzehn Prozent bieten die Extremwerte in der fünf Menschen umfassenden Gruppe.

Bei den fünf untersuchten Affenbrustbandscheiben liegen die Werte zwischen zehn Prozent für die MeerkatzeII und sechsundzwanzig Prozent für den Rhesus.

Die zehn Vierfüßler weisen Werte zwischen zehn Prozent, gemessen bei der KatzeII, und neunzehn Prozent, gemessen beim mischrassigen Haushund, auf.

Känguruh und Seebär besitzen Werte von zwanzig bzw. siebzehn Prozent.

Für die lumbalen Bandscheiben lassen sich aus Tabelle 5 folgende Ergebnisse ersehen:

Alle relativen lumbalen Bandscheibenrandhöhenwerte am vorderen Längsband liegen unter vierzig Prozent.

Die relativ kleinste Bandscheibenrandhöhe weist die KatzeII mit zehn Prozent auf, die größte stellen wir beim MenschV mit fünfunddreißig Prozent fest.

Die fünf vermessenen, menschlichen Lumbalbandscheiben bieten Werte zwischen dreißig Prozent, gemessen bei MenschII, und fünfunddreißig Prozent, gemessen bei MenschV.

In der Gruppe der sechs lumbalen Affenbandscheiben besitzt die Bandscheibe der MeerkatzeI mit zwanzig Prozent den Minimalwert, die Bandscheibe des Drill mit achtundzwanzig Prozent den Maximalwert.

Die KatzeII mit zehn Prozent und der SchäferhundI mit zwanzig Prozent bilden in der Gruppe der zehn vierfüßigen Säugetiere die Intervallgrenzen.

Die relative Bandscheibenrandhöhe am vorderen Längsband beträgt für das Känguruh fünfzehn Prozent, für den Seebär zwanzig Prozent.

III3)f) : Vergleich der Faserringanteile

mit der Gesamtausdehnung der Bandscheibe, mediansagittal

Tabelle 6 : Darstellung der prozentualen Faserringanteile an der Meßstrecke, die vom vorderen zum hinteren Längsband in der Mediansagittalen verläuft, für die jeweils mittleren Zervikal-, Thorakal- und Lumbalbandscheiben

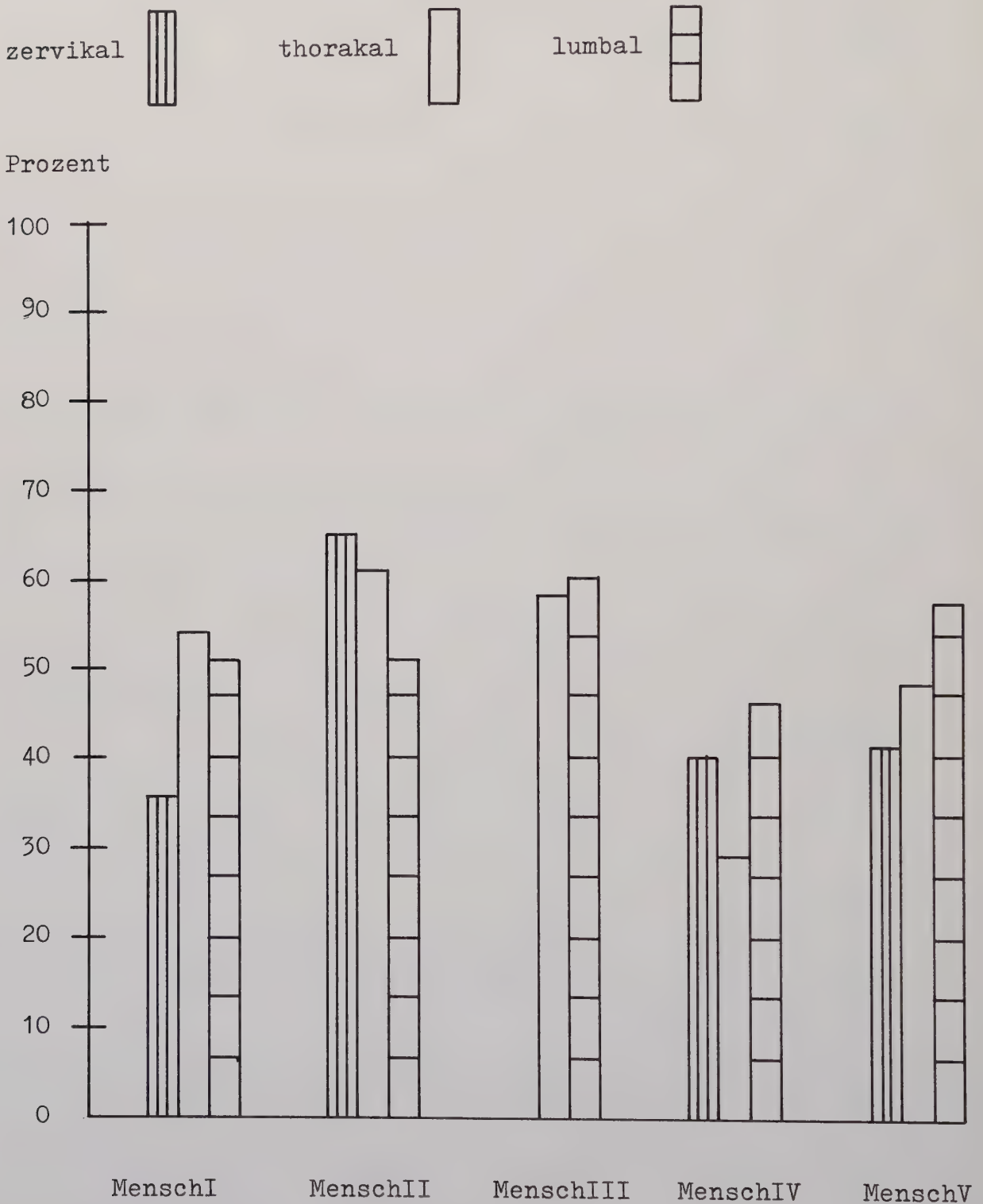


Tabelle 6 Fortsetzung 1

zervikal  thorakal  lumbal 

Prozent

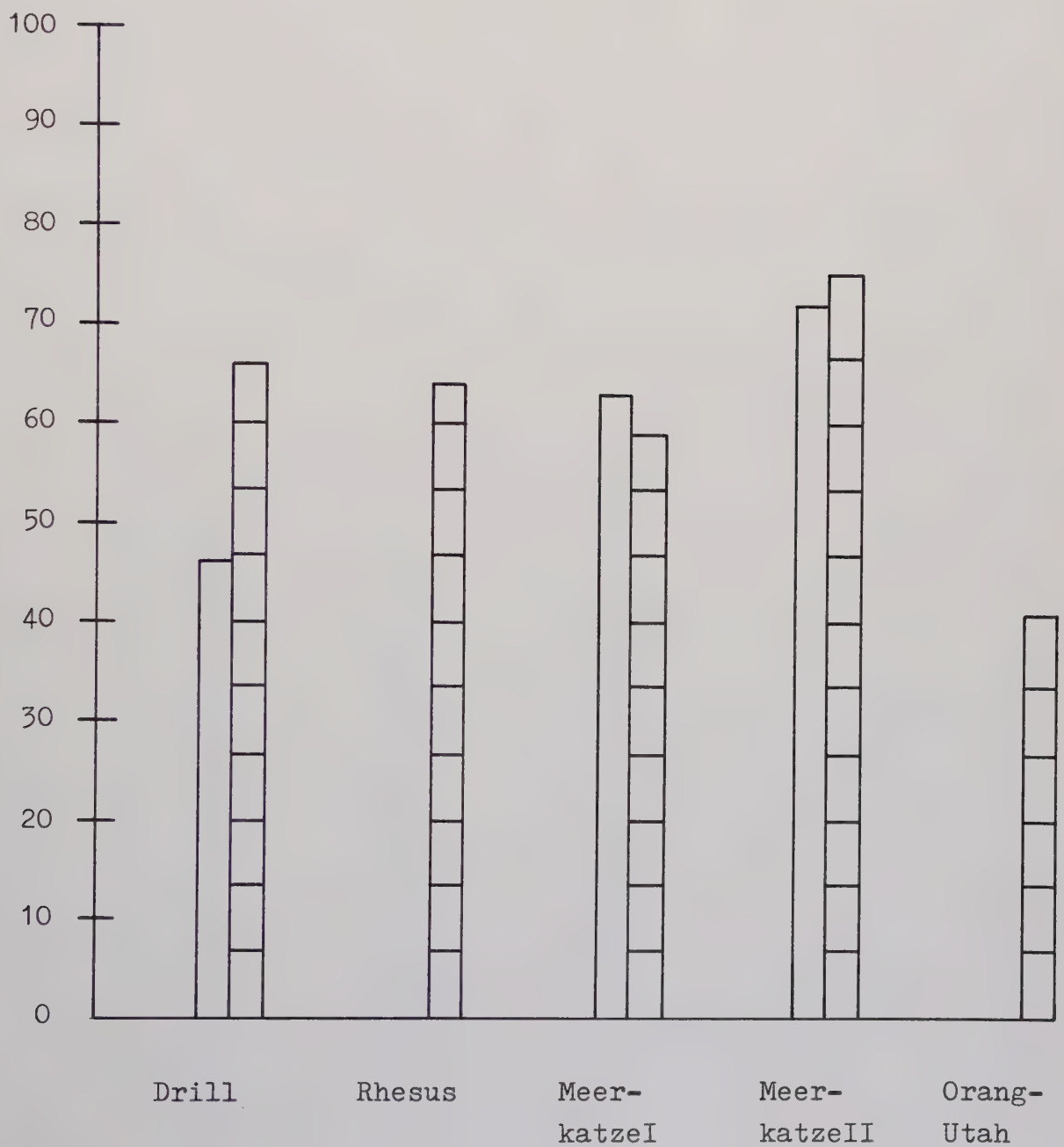


Tabelle 6 Fortsetzung 2

zervikal 
 thorakal 
 lumbal 

Prozent

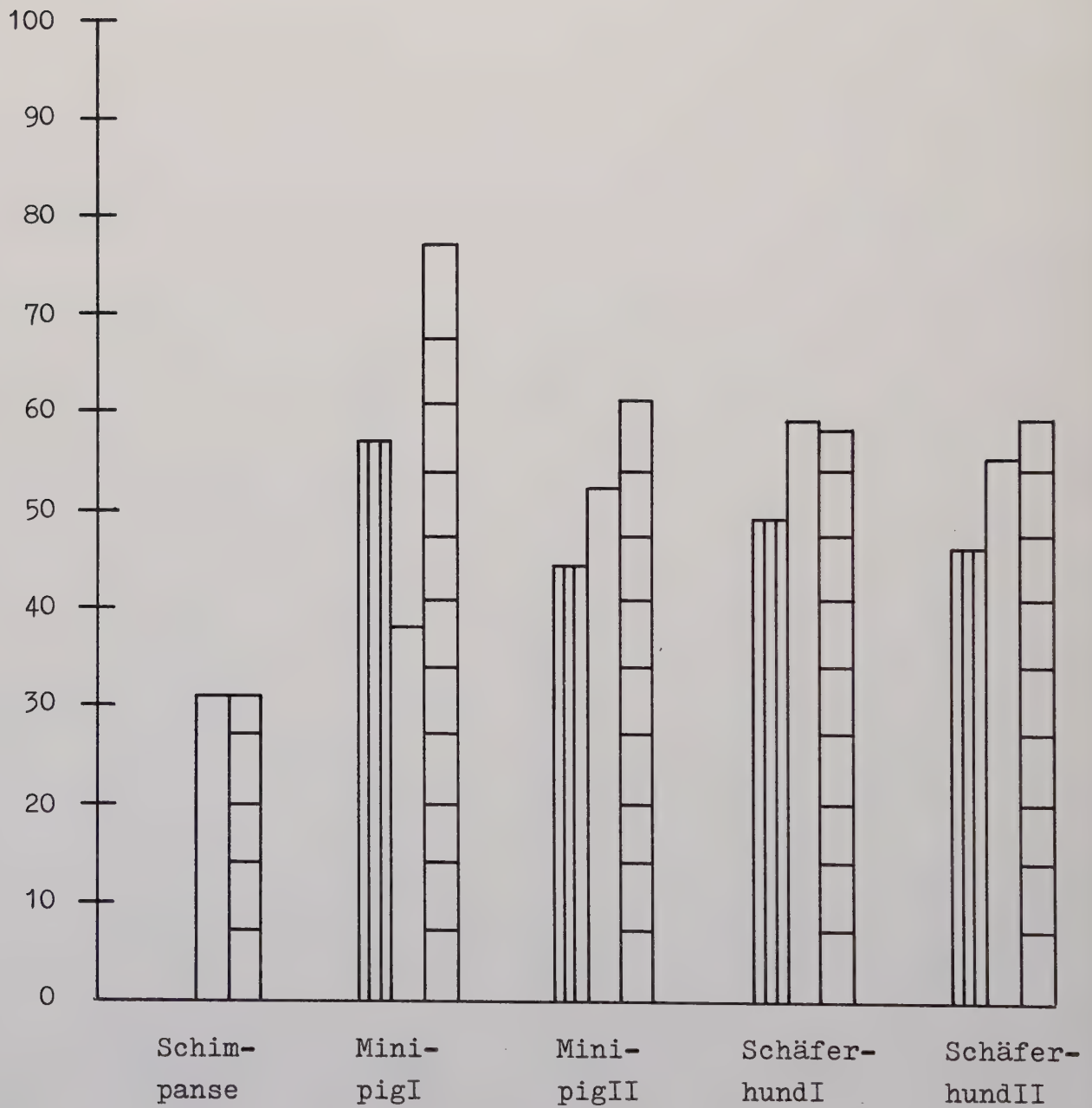


Tabelle 6 Fortsetzung 3

zervikal 
 thorakal 
 lumbal 

Prozent

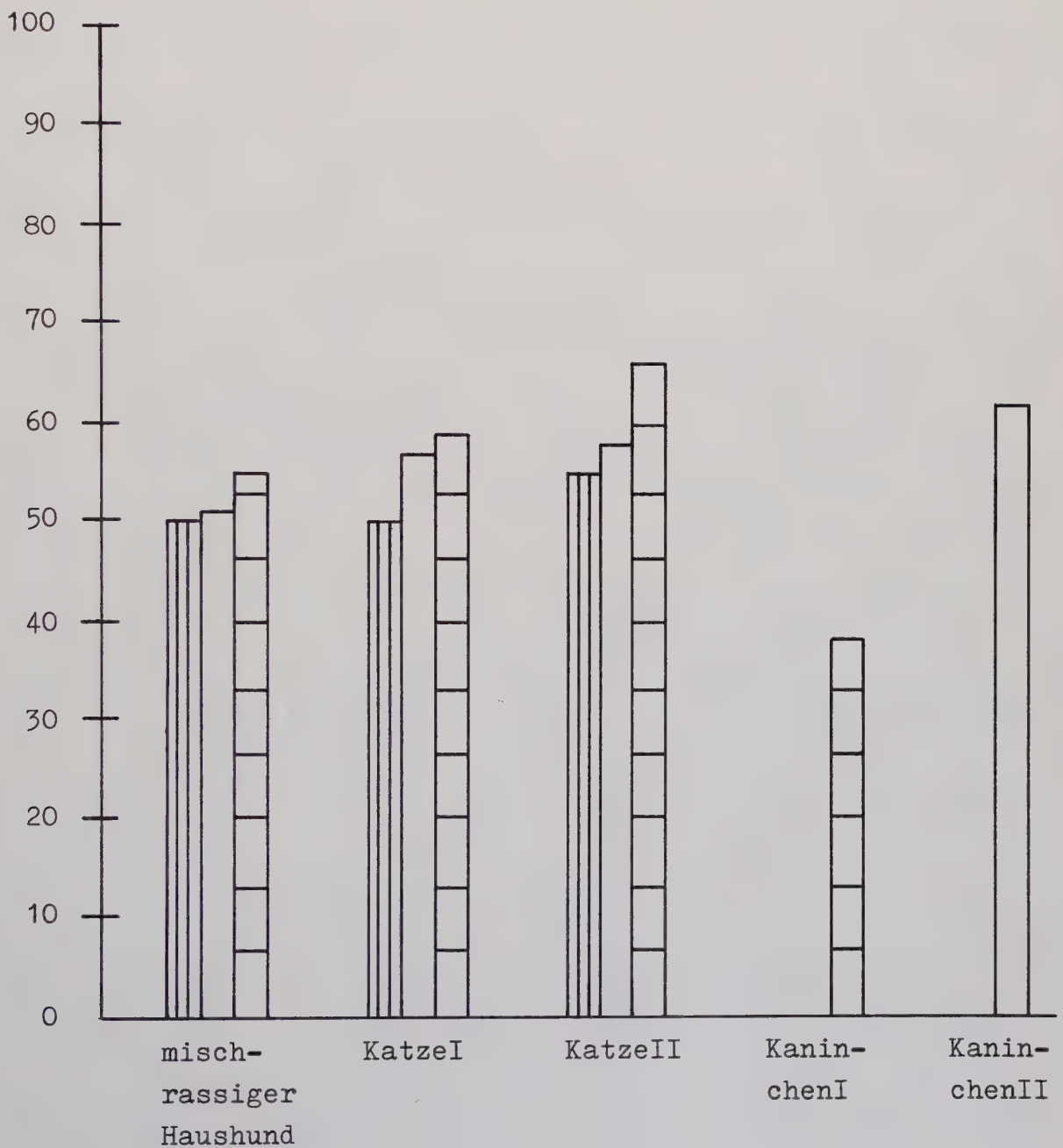
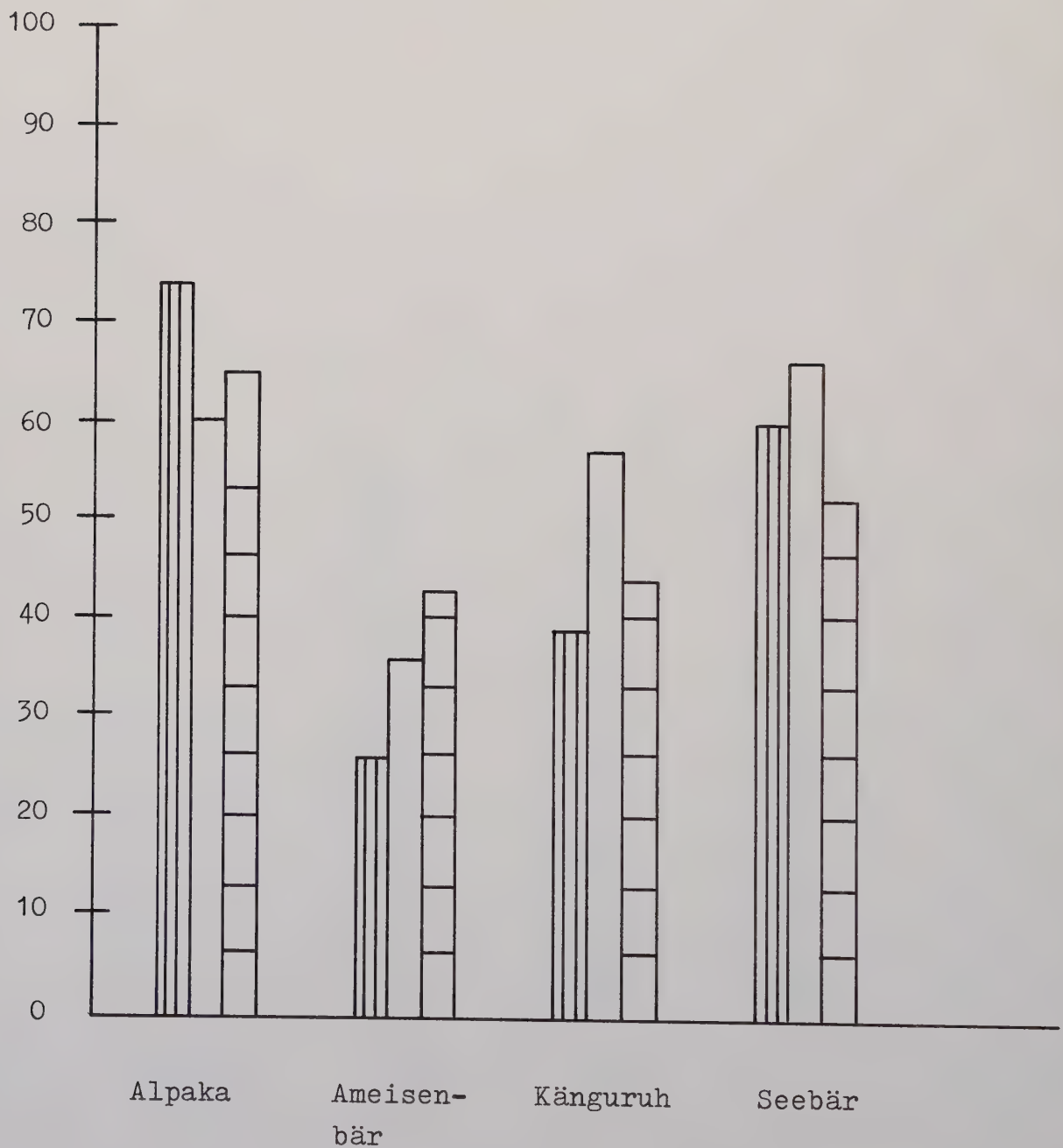


Tabelle 6 Fortsetzung 4

zervikal 
 thorakal 
 lumbal 

Prozent



In der Tabelle 6 werden die Gesamtausdehnungen der jeweils mittleren zervikalen, thorakalen und lumbalen Bandscheiben vom vorderen zum hinteren Längsband in der Mediansagittalen in Beziehung gesetzt zu den zugehörigen Faserringbreitenanteilen.

Die Anteile der Faserringbreiten sind in Prozenten der Gesamtausdehnungen der Bandscheiben angegeben.

Bei den sechs Affen, den beiden Kaninchen und dem MenschII liegen keine Werte für die Halsbandscheiben vor; die Brustbandscheibenwerte fehlen für den Rhesus, den Orang-Utah und das KaninchenI; für das KaninchenII fehlt der Wert für die Lumbalscheibe.

Für die zervikalen Bandscheiben lassen sich aus Tabelle 6 folgende Ergebnisse ableiten:

Die Anteile der Faserringbreiten an der oben beschriebenen Meßstrecke liegen bei allen von uns vermessenen Halsbandscheiben unter achtzig Prozent.

Der Ameisenbär weist mit sechsundzwanzig Prozent den kleinsten relativen Faserringbreitenanteil auf, das Alpaka mit vierundsiebzig Prozent den größten.

Die vier menschlichen Halsbandscheiben ergaben Werte zwischen sechsunddreißig Prozent bei MenschI und fünfundsechzig Prozent bei MenschII.

In der Gruppe der neun vierfüßigen Tiere besitzt der Ameisenbär mit sechsundzwanzig Prozent den kleinsten, das Alpaka mit vierundsiebzig Prozent den größten relativen Faserringanteil. Beim Känguruh liegt der entsprechende Wert bei neununddreißig Prozent, beim Seebären bei sechzig Prozent.

Bezüglich der thorakalen Bandscheiben ergibt sich aus Tabelle 6 folgendes:

Auch hier betragen die relativen Faserringbreiten der von uns vermessenen Brustbandscheiben immer weniger als achtzig Prozent. MenschIV besitzt mit neunundzwanzig Prozent den kleinsten, die MeerkatzeII mit zweiundsiebzig Prozent den größten Wert aller von uns vermessenen Brustbandscheiben.

In der Gruppe der fünf menschlichen Brustbandscheiben hat die von MenschIV mit neunundzwanzig Prozent die kleinste, die von

MenschII mit einundsechzig Prozent die größte relative Faserringbreite.

Bei den vier untersuchten Affenbrustbandscheiben schwanken die Werte zwischen einunddreißig Prozent beim Schimpansen und zweiundsiebzig Prozent bei der MeerkatzeII.

Die zehn Vierfüßler weisen Werte zwischen sechsunddreißig Prozent beim Ameisenbär und zweiundsechzig Prozent beim KaninchenII auf.

Bei Känguruh und Seebär liegen die relativen Faserringbreiten bei siebenundfünfzig bzw. sechsundsechzig Prozent.

Betrachtet man in der Tabelle 6 nur die lumbalen Bandscheiben, so lassen sich folgende Ergebnisse formulieren:

Alle von uns vermessenen Lumbalbandscheiben weisen relative Faserringbreiten von weniger als achtzig Prozent auf.

Den absolut kleinsten Wert bietet der Schimpanse mit einunddreißig Prozent, den größten von uns registrierten Wert weist das MinipigI mit siebenundsiebzig Prozent auf.

Die Werte der fünf menschlichen Lumbalbandscheiben schwanken zwischen sechsundvierzig Prozent bei MenschIV und sechzig Prozent bei MenschIII.

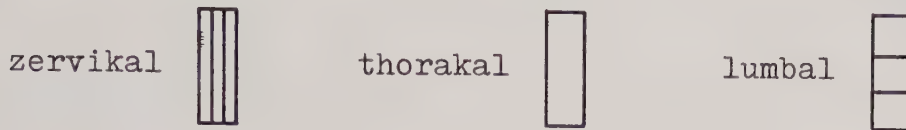
Der Schimpanse mit einunddreißig Prozent und die MeerkatzeII mit fünfundsiebzig Prozent bilden die Intervallgrenzen in der Gruppe der sechs Affen.

Bei den zehn vierfüßigen Tieren weist das KaninchenI mit achtunddreißig Prozent den kleinsten Wert auf, das MinipigI mit siebenundsiebzig Prozent besitzt die größte relative Faserringbreite.

Für das Känguruh ergeben sich vierundvierzig, für den Seebär zweiundfünfzig Prozent.

III3)g) : Vergleich der Faserringanteile in Querrichtung der Bandscheiben

Tabelle 7 : Darstellung der prozentualen Faserringanteile an den zugehörigen Meßstrecken, die mit der Mediansagittalen einen rechten Winkel einschließen und durch den Mittelpunkt des zentralen, mobilen Bandscheibengewebes laufen, für die jeweils mittleren zervikalen, thorakalen und lumbalen Bandscheiben



Prozent

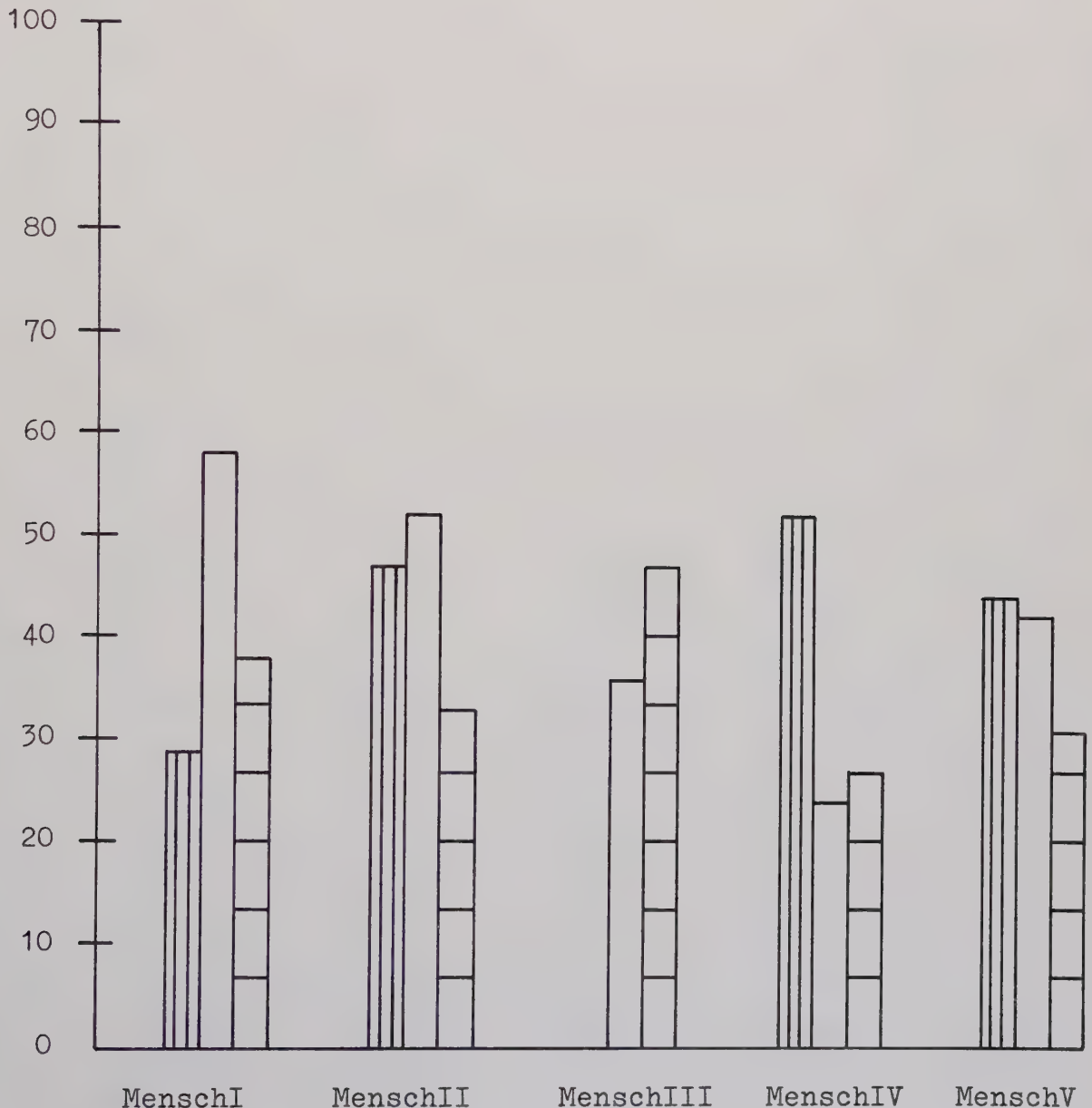


Tabelle 7 Fortsetzung 1

zervikal 
 thorakal 
 lumbal 

Prozent

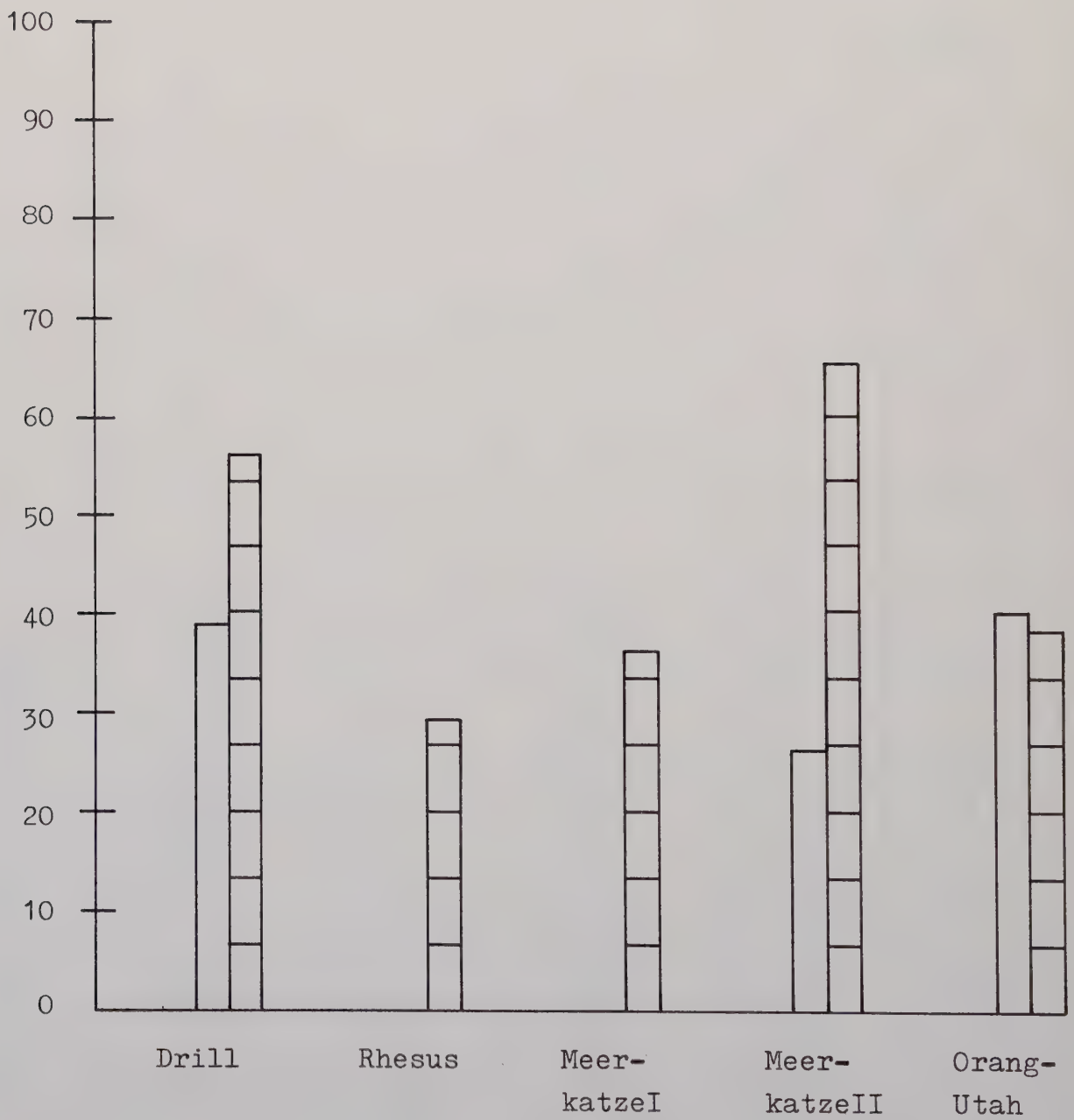


Tabelle 7 Fortsetzung 2

zervikal 
 thorakal 
 lumbal 

Prozent

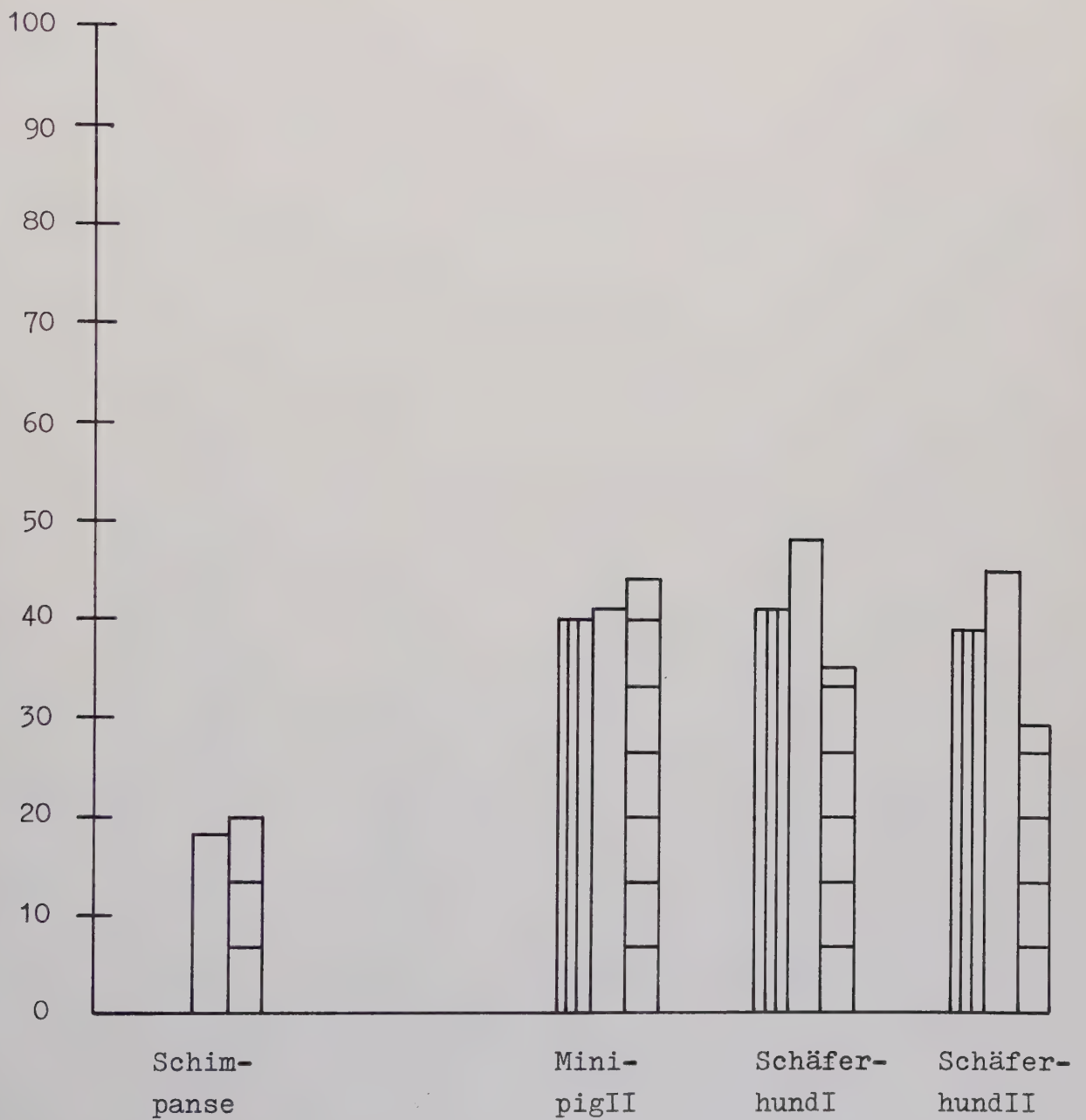


Tabelle 7 Fortsetzung 3

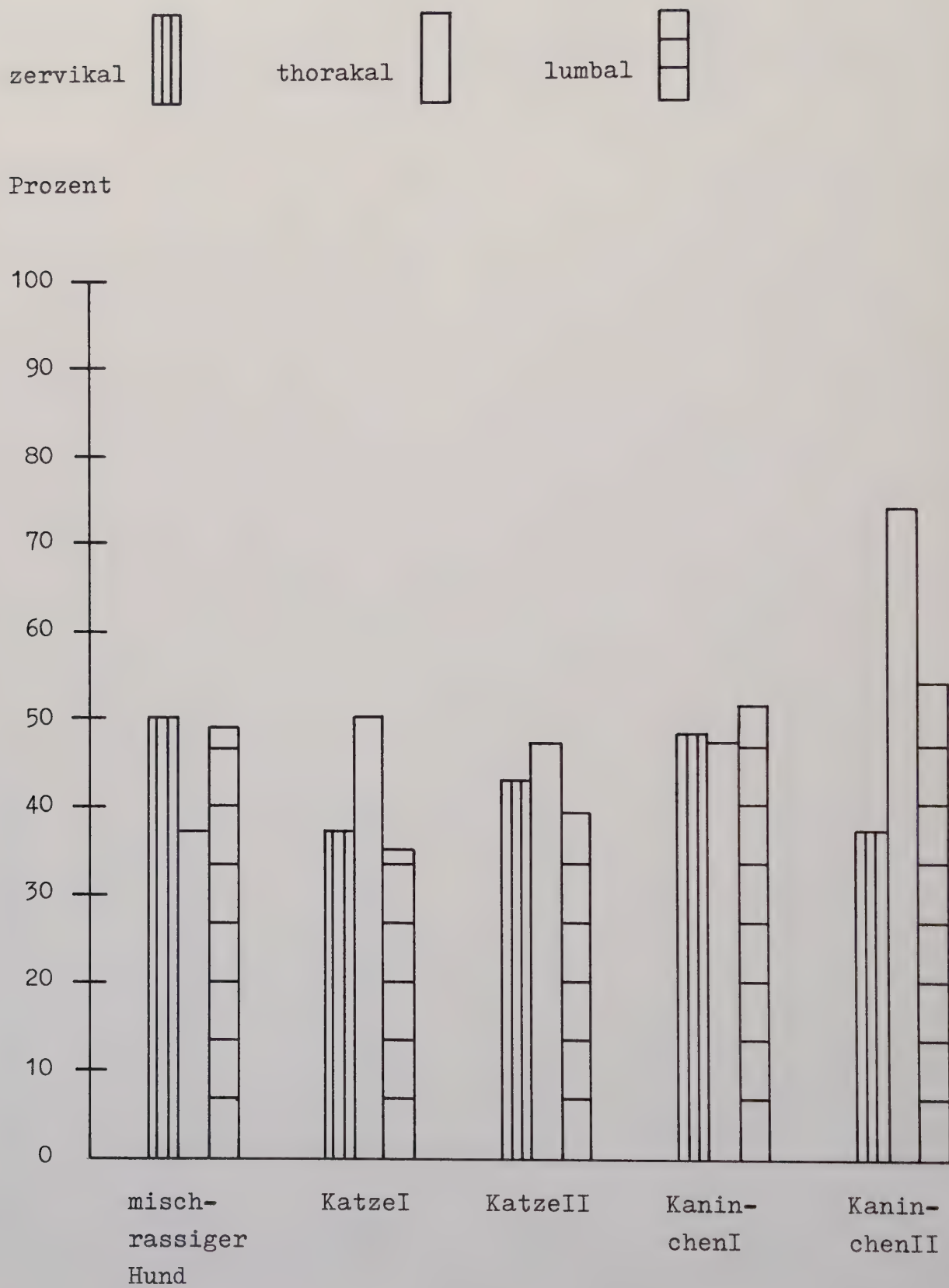
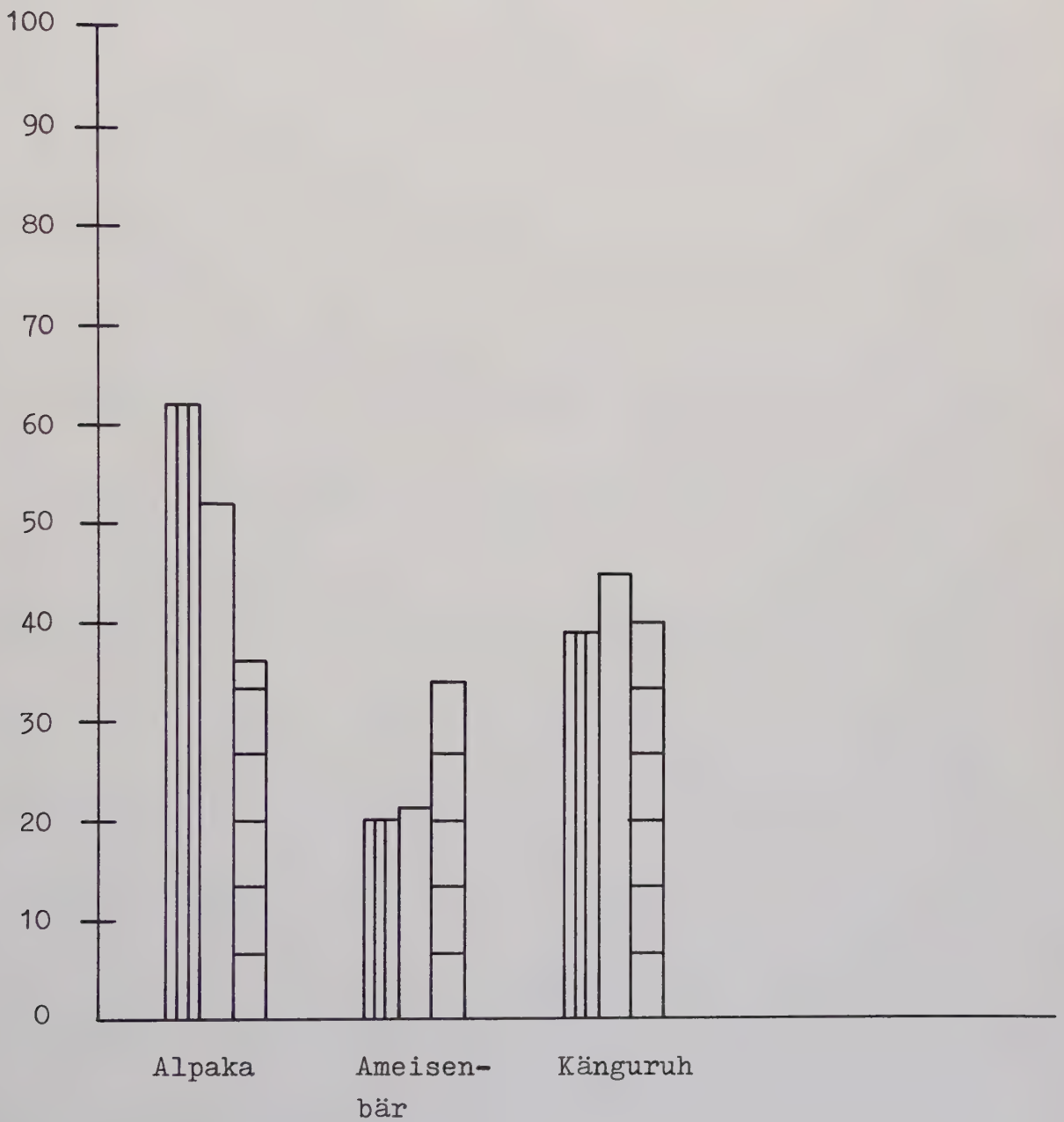


Tabelle 7 Fortsetzung 4

zervikal 
 thorakal 
 lumbal 

Prozent



In der Tabelle 7 sind für die jeweils mittleren zervikalen, thorakalen und lumbalen Bandscheiben die prozentualen Faser-ringanteile an den Meßstrecken aufgetragen, die mit der Median-sagittalen einen rechten Winkel einschließen und durch den Mittelpunkt des zentralen, mobilen Bandscheibengewebes laufen. Die Halsbandscheibenwerte der sechs Affen und des MenschenIII fehlen, ebenso die Brustbandscheibenwerte des Rhesus und der MeerkatzeI. Für den Seebären und das MinipigI fehlen die Werte für alle drei Wirbelsäulenabschnitte.

Betrachtet man in der Tabelle 7 zunächst nur die zervikalen Bandscheiben, so lassen sich folgende Ergebnisse ablesen: Alle von uns vermessenen Bandscheiben besitzen relative Faser-ringanteile von weniger als siebenzig Prozent.

Der Ameisenbär weist mit zwanzig Prozent den kleinsten, das Alpaka mit zweiundsechzig Prozent den größten relativen Faser-ringanteil an der oben beschriebenen Meßstrecke auf.

In der Gruppe der vier vermessenen Menschenhalsbandscheiben liegt der kleinste Wert bei neunundzwanzig Prozent, gemessen an MenschI, der größte Wert beträgt zweiundfünfzig Prozent, gemessen an MenschIV.

Bei den zehn vierfüßigen Tieren schwanken die Werte zwischen zwanzig Prozent beim Ameisenbär und zweiundsechzig Prozent beim Alpaka.

Die relative Faserringbreite der Känguruhhalsbandscheibe beträgt neununddreißig Prozent.

Für die relativen Faserringbreiten der mittleren Brustbandscheiben ergibt sich aus Tabelle 7 :

Alle von uns gemessenen relativen Faserringbreiten liegen unter achtzig Prozent.

Der Schimpanse bietet mit achtzehn Prozent den Minimalwert, das KaninchenII weist mit vierundsiebenzig Prozent den höchsten von uns gemessenen Wert auf.

Die fünf Menschenbrustbandscheiben besitzen Werte zwischen vierundzwanzig Prozent, gemessen für MenschIV, und achtundfünfzig Prozent, gemessen für MenschI.

In der Gruppe der vier Affen liegen die Werte zwischen achtzehn

Prozent für den Schimpansen und vierzig Prozent für den Orang-Utah.

Bei den zehn vierfüßigen Tieren schwanken die Werte zwischen einundzwanzig Prozent beim Ameisenbär und vierundsiebzig Prozent beim KaninchenII.

Die relative Faserringbreite der Brustbandscheibe des Känguruhs beträgt fünfundvierzig Prozent.

Bezüglich der lumbalen Bandscheiben lassen sich aus der Tabelle 7 folgende Ergebnisse ablesen:

Sämtliche relative Faserringbreiten liegen unter siebzig Prozent.

Der Schimpanse weist mit zwanzig Prozent den kleinsten Wert auf, die MeerkatzeII besitzt mit fünfundsechzig Prozent den höchsten Wert.

Die fünf menschlichen Lumbalbandscheiben bieten Werte zwischen siebenundzwanzig Prozent, gemessen beim MenschIV, und siebenundvierzig Prozent, gemessen beim MenschIII.

In der Gruppe der fünf Affen schwanken die Werte zwischen zwanzig Prozent beim Schimpansen und fünfundsechzig Prozent bei der MeerkatzeII.

Die zehn vierfüßigen Tiere bieten Werte zwischen neunundzwanzig Prozent für den SchäferhundII und vierundfünfzig Prozent für das KaninchenII.

Die relative Faserringbreite der Lumbalbandscheibe des Känguruh beträgt vierzig Prozent.

IV : Diskussion

Beim Vergleich der Bandscheibenrandhöhen am vorderen und hinteren Längsband in der Mediansagittalen stellen wir fest, daß die Meßwerte bei jeder vermessenen Bandscheibe am vorderen Längsband größer sind als am hinteren Längsband. Wir vermuten, daß es sich dabei um ein Bauprinzip von Säugetierbandscheiben handelt. Die Meßwerte der Gruppe Vierfüßler und der Gruppen Menschen und Affen weisen keine Häufungen in einem bestimmten Wertebereich auf. Die unterschiedliche Einstellung der Rumpfachsen, mehr horizontal bei Vierfüßlern, mehr vertikal bei Affen und Menschen, scheint keine charakteristische Ausprägung der Relation der Bandscheibenrandhöhen am vorderen und hinteren Längsband bewirkt zu haben. Auffällig dagegen ist das Ergebnis beim Mini-Seebären, einer Ohrenrobbe. Seine Zervikal-, Thorakal- und Lumbalbandscheiben sind am vorderen Längsband jeweils nur höchstens zehn Prozent größer als am hinteren Längsband. Möglicherweise ist dies als Anpassung des Tieres an seinen Lebensraum Wasser zu werten, in dem es sich hauptsächlich schwebend aufhält. Im Schweben heben sich sämtliche an der Wirbelsäule angreifenden statischen Kräfte auf. Entsprechend sind die bei Vierfüßlern, Affen und Menschen immer vorhandenen Krümmungen der Wirbelsäule nahezu verstrichen, ebenso ist die sagittale Trapezoidform der Bandscheiben des Seebären gegenüber anderen Tierarten und dem Menschen reduziert.

Die Längsausdehnungen der vermessenen Zervikal- und Thorakalbandscheiben sind bis auf zwei Ausnahmen, die der Lumbalbandscheiben stets kleiner als die zugehörigen Querausdehnungen. Auch hierbei geben die Meßwerte keinen Anhalt für signifikante Unterschiede zwischen der Gruppe der Vierfüßler einerseits und der Gruppe Menschen und Affen andererseits. Beim Seebär fällt jedoch wiederum eine bei anderen Tierarten nicht zu beobachtende Konstanz der Größenrelationen im Sinne hoher Prozentwerte auf, d.h. beim Seebären sind die Zervikal-, Thorakal- und Lumbalbandscheiben in Sagittalrichtung höchstens vierzehn Prozent kürzer als in Querrichtung. Die

Bandscheibenquerschnitte sind nahezu kreisförmig. Dies kann als weiterer Hinweis auf die Anpassung der Bandscheibenform an den Lebensraum Wasser gewertet werden.

Die Längsausdehnungen der zervikalen und thorakalen, zentralen, mobilen Bandscheibengewebe sind bis auf fünf Ausnahmen, die der lumbalen, zentralen, mobilen Bandscheibengewebe immer kleiner als die zugehörigen Querausdehnungen. Damit zeigt das zentrale, mobile Bandscheibengewebe eine zu den Bandscheibengesamtausdehnungen gleichsinnige Anordnung.

Die Faserringbreiten der zervikalen und thorakalen Bandscheiben am vorderen Längsband sind bis auf zwei Ausnahmen, die der lumbalen Bandscheiben stets größer als die Faserringbreiten am hinteren Längsband. Die Meßwerte der Gruppe der Vierfüßler und der Gruppen Menschen und Affen weisen keine Häufungen in einem bestimmten Wertebereich auf. Die unterschiedliche Stellung der Rumpfachse bei Vierfüßlern einerseits und bei Affen und Menschen andererseits scheint auf die Verteilung des Faserringgewebes keinen Einfluß zu haben. Auch beim Seebären liegt keine gleichmäßige Aufteilung des Faserringgewebes zwischen vorderem und hinterem Anteil der Bandscheibe vor.

Die Bandscheibenrandhöhen am vorderen Längsband in der Mediansagittalen sind bei allen gemessenen Bandscheiben kleiner als die zugehörigen Höhen der angrenzenden, nächst höheren Wirbelkörper. Wir vermuten, daß auch dies ein Bauprinzip der Säugetierbandscheiben darstellt. Meßwerthäufungen der lumbalen Affen- und Menschenbandscheiben im Bereich zwischen zwanzig und dreißig Prozent stehen Meßwerthäufungen der lumbalen Vierfüßlerbandscheiben zwischen zehn und fünfzehn Prozent gegenüber. Die relativ größeren Lumbalbandscheibenrandhöhen bei Menschen und Affen können als Anpassung an die vermehrte axiale Belastung der Bandscheiben durch die Aufrichtung der Rumpfachse gedeutet werden.

V : Zusammenfassung

Zweiundsiebzig Wirbelkörper-Bandscheibenpräparate von ausgewachsenen Säugetieren und Menschen wurden vermessen. Dabei fanden wir hinsichtlich der Gruppen Affen und Menschen, Vierfüßler und Wassersäugetiere folgende Charakteristika:

Wassersäugetiere weisen in allen Wirbelsäulenabschnitten annähernd runde, fast gleichmäßig hohe Bandscheiben auf. Affen und Menschen besitzen im Lumbalbereich bezogen auf die Wirbelkörperhöhen höhere Bandscheiben als vierfüßige Säugetiere.

Für die Säugetiere und Menschen können wir auf Grund unserer Untersuchungen folgendes Bauprinzip für lumbale Bandscheiben aufstellen:

Die Randhöhen sind ventral größer als dorsal.

Die Ausdehnung in der Sagittalebene ist kleiner als in der Frontalebene.

Die Ausdehnung des zentralen, mobilen Bandscheibengewebes in der Sagittalebene ist kleiner als in der Frontalebene. Die Bandscheibenrandhöhen sind kleiner als die angrenzenden oberen Wirbelkörper.

VI : Literaturverzeichnis

- 1 Krämer, J. : Bandscheibenbedingte Erkrankungen: 12-39, Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1978)
- 2 Fischer, H., Schirmer, M. : Die Altersabhängigkeit des spezifischen Gewichtes lumbaler Zwischenwirbelscheiben, Z. Orthop.111 (1973) 795-797
- 3 Taylor, J.R. : Growth of human intervertebral discs and vertebral bodies, J. Anat.120,1 (1975) 49-68
- 4 Inoue, H. : Three-Dimensional Observation of Collagen Framework of Intervertebral Discs in Rats, Dogs and Humans, Arch. histol. jap., Vol.36, No.1 (1973) 39-56
- 5 Pope, M.H. : Measurement of Intervertebral Disc Space Height, Spine 2, VOL.4 (1978) 282-286
- 6 Ludowieg, J.J., Parker, J. : The Mammalian Intervertebral Disc: Fibrous Structures of The Whale Nucleus Pulposus, J. Cell Sci.12 (1973) 925-932
- 7 Brandner, M.E. : Normal values of the vertebral body and intervertebral disc index during growth, Am. J. Roentg.110 (1970) 618-627
- 8 Taylor, J.R. : Growth of the human intervertebral disc, J. Anat.107 (1970) 183-184
- 9 Houston, C.S., Zaleski, W.A. : The shape of vertebral bodies and femoral necks in relation to activity, Radiology 89 (1967) 58-66
- 10 Cornah, M.S., Meachim, G., Parry, E.W. : Banded structures in the matrix of human and rabbit nucleus pulposus, J. Anat.107 (1970) 351-362

- 11 Hansen, H.-J. : Diskusdegeneration bei Tieren.
Neuere Aufgaben für die vergleichende Bandschei-
benpathologie, in: Die Wirbelsäule in Forschung und
Praxis, Bd.15, hrsg. von H. Junghanns.
Hippokrates, Stuttgart 1960

Zum Abschluß möchte ich mich bei allen bedanken, die zum Gelingen meiner Arbeit beigetragen haben:

bei den Leitern der Zoos in Krefeld und Gelsenkirchen,
bei Herrn Prof. Dr. med. et Dr. phil. Anton Kisselbach,
bei Herrn Prof. Dr. med. Gottfried Arnold,
bei den Präparatoren des Anatomischen Instituts der
Universität Düsseldorf,

bei den Röntgenassistentinnen der Orthopädischen Klinik
der Universität Düsseldorf.

Besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.
med. J. Krämer, der mir bei allen Schwierigkeiten mit
Rat und Tat geholfen hat.

Lebenslauf

Am 29. Juli 1955 wurde ich als Sohn des Sparkassenangestellten Heinz Demmer und seiner Ehefrau Käthe, geborene Dohmen, in Meerbusch bei Düsseldorf geboren.

Am 25. April 1962 wurde ich in die Katholische Volksschule Josefschule zu Krefeld eingeschult.

Am 15. April 1966 wechselte ich auf das naturwissenschaftliche Fichte-Gymnasium zu Krefeld über.

Dort bestand ich am 6. Juni 1974 das Abitur.

Zum Wintersemester 1974/75 nahm ich das Studium der Humanmedizin an der Universität Düsseldorf auf.

Das Physikum bestand ich am 27. August 1976, das erste Staatsexamen am 26. August 1977. Den zweiten Teil des Staatsexamens schließlich legte ich am 21. August 1979 ab. Gegenwärtig befinde ich mich im Praktischen Jahr an der Universitätsklinik in Düsseldorf.

Seit dem Wintersemester 1975/76 betreibe ich ein Zweitstudium im Fach Philosophie an der Universität Düsseldorf.

